

## ANEXO N°01

### DATOS GENERALES Y CURRICULUM VITAE

#### **DATOS GENERALES**

---

Nombres completos: Gabriela del Carmen

Apellidos completos: Barraza Jáuregui

Mayor grado académico alcanzado: Maestro Nro. de colegiatura: 97291

Institución donde estudia o trabaja: Universidad Nacional de Trujillo

Dirección electrónica: gbarraza@unitru.edu.pe

Teléfono de residencia \*Sea de Perú o del extranjero. Poner códigos completos:  
44603581

Teléfono de contacto en Perú: 948890262

Día probable de llegada a Perú – Chiclayo \*Si reside en Perú colocar Resido en Perú:  
Resido en Perú

Institución de referencia que acredite su investigación Universidad Nacional de Trujillo-  
Escuela de Postgrado

#### **CURRICULUM VITAE**

---

Docente de la Universidad Nacional de Trujillo en el área de Ciencia y Tecnología de Productos Agroindustriales. Con estudios de doctorado en Ciencias e Ingeniería y 25 años de experiencia docente. Experiencia profesional en el área de alimentos deshidratados y congelados. Investigadora principal en proyectos financiados con fondos concursable Fondecyt, relacionados al aprovechamiento de residuos agroindustriales para la obtención y caracterización de nanofibras y nano polisacáridos. Co-investigadora en proyectos Fincyt relacionados a extracción y caracterización de almidón y en proyectos Innovate. Asesora de tesis de pre grado y postgrado. Con publicaciones en revistas indizadas a Scopus y Web of Science.

## ANEXO N°02

# MATRIZ PARA PRESENTAR RESUMEN DE INVESTIGACIONES

ECI NORTE (VERANO - INVIERNO)

<b>TÍTULO</b>	<b>Semilla de palta como fuente promisoría de almidón: Optimización de la blancura del almidón durante el proceso de extracción</b>
<b>AUTOR</b>	Gabriela del Carmen Barraza Jáuregui Raúl Siche Jara
<b>TELÉFONO (INCLUIR CÓDIGO POSTAL)</b>	44 603581
<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>	Ciencias Agroindustriales
<b>FILIACIÓN (Especificar país)</b>	Universidad Nacional de Trujillo-Perú
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	gbarraza@unitru.edu.pe
<b>NÚMERO CELULAR</b>	948890262
<b>ORCID</b>	0000-0002-0376-2751

### RESUMEN

El Perú es el segundo proveedor mundial de palta, siendo superado por México y es el tercer producto más importante de la canasta agroexportadora peruana, después de las uvas y el arándano. Se exporta fresca y procesada, como palta en trozos congelada, puré y/o pulpa de palta; esta última modalidad representa aproximadamente, el 6% de total de las exportaciones de este fruto (1). Durante el procesamiento de la palta, se generan residuos sólidos que causan problemas ambientales, como la propagación de insectos y roedores, así como pérdidas económicas relacionadas con los costos de transporte. Estos residuos representan el 21-30% del peso seco de la fruta, siendo las semillas alrededor del 16% (3). Las semillas se consideran ricas en almidón, motivo por el cual se convierten en una prometedora fuente alternativa de almidón no convencional, cuyo contenido, puede variar entre 7.8 y 29.3% (4). El presente trabajo tuvo como objetivo optimizar la blancura durante el proceso de extracción de almidón de semilla de palta variedad Hass, para evaluar su posible aplicación industrial. Se empleó un Diseño Estadístico Central Compuesto Rotacional, con dos variables independientes, concentración de NaOH (0.005-0.030 M) y tiempo de tratamiento (60 a 360 min) que incluyeron 2<sup>2</sup> puntos factoriales + 2\*2 puntos axiales y 5 repeticiones en el punto central, totalizando 13 ensayos experimentales. La extracción de almidón se realizó con agua y por decantaciones sucesivas. Se determinó que el efecto de la concentración de NaOH y tiempo de tratamiento en el índice de blancura del almidón fue estadísticamente significativo. La concentración de NaOH y tiempo de tratamiento que optimizaron el índice de blancura (W: 95.88%) fueron de 0.0059 M y 1 h



con 13 min, respectivamente. El almidón de palta extraído presentó elevado índice de blancura, superior al 90%, propiedad que refleja alta pureza del almidón aislado; esta característica que podría permitir su uso en diversas aplicaciones alimentarias, donde se recomienda la estandarización del color. Sin embargo, es necesario evaluar las propiedades funcionales del almidón aislado, y si éstas cambian como consecuencia del tratamiento con la solución de NaOH, en la etapa de purificación del almidón.

**Palabras clave:** superficie de respuesta, semilla de palta, índice de blancura

## REFERENCIAS

1. Agencia Agraria de Noticias. Agraria.pe. 2020.
2. Kringel DH, Dias ARG, Zavareze EdR, Gandra EA. Fruit Wastes as Promising Sources of Starch: Extraction, Properties, and Applications. *Starch-Stärke*. 2020;72(3-4)
3. Macena JFF, Souza JCA, Camilloto GP, Cruz RS. Physico-chemical, morphological and technological properties of the avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass) seed starch. *Ciência e Agrotecnologia*. 2020;44.

<b>Forma de presentación</b>	PPT si es exposición oral ( ) Banner ( X ) (Incluir Roll screm de 2mtx1mt)
<b>Enviar al correo:</b>	<a href="mailto:dinvestigacion@uss.edu.pe">dinvestigacion@uss.edu.pe</a>

# ANEXO N°01

## DATOS GENERALES Y CURRICULUM VITAE

### DATOS GENERALES

---

Nombres completos: JUAN CARLOS

Apellidos completos: RODRIGUEZ SOTO

Mayor grado académico alcanzado: DOCTOR                      Nro. de colegiatura: 6365.

Si el informe es en grupo, por lo menos un integrante debe estar colegiado y colocar los datos de todos los integrantes.

Institución donde estudia o trabaja: UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

Dirección electrónica: jrodriguezs@unitru.edu.pe

Teléfono de residencia \*Sea de Perú o del extranjero. Poner códigos completos: 0051944623525

Teléfono de contacto en Perú: 944623525

Día probable de llegada a Perú – Chiclayo \*Si reside en Perú colocar Resido en Perú: RESIDO EN PERÚ

Institución de referencia que acredite su investigación UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

### CURRICULUM VITAE

---

El Biólogo Juan Carlos Rodríguez Soto, cuenta con una maestría en Salud Pública y un doctorado en Ciencias Biológicas. Se desempeña como docente investigador en la Universidad Nacional de Trujillo. Lidera un equipo de investigación en temática de regeneración biológica empleando metabolitos provenientes de recursos fitogenéticos andinos y nanopartículas metálicas obtenidas por métodos físicos como la ablación láser. Su equipo a logrado obtener fondos concursables del CONCYTEC. Asimismo, su experiencia en temas citométricos y evaluación de citototoxicidad le han permitido participar como co-investigador en otros dos proyectos financiados por el Banco Mundial. Desarrolla y lidera proyectos de investigación dentro de la Universidad Nacional de Trujillo. Cuenta con publicaciones indizadas en revistas nacionales e internacionales.

CV-CONCYTEC:

[http://directorio.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do?sessionId=4f646edc609f8a4774b5fef0146a?id\\_investigador=22051](http://directorio.concytec.gob.pe/appDirectorioCTI/VerDatosInvestigador.do?sessionId=4f646edc609f8a4774b5fef0146a?id_investigador=22051)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8166-8859>

## ANEXO N°02

### ESTRUCTURA PARA PRESENTACIÓN DE TRABAJO RESUMEN

**Estructura de los trabajos a ser presentados para su postulación en el XI ECI norte, 2020  
Verano - Invierno**

#### **Evaluación de la regeneración biológica por acción de nanopartículas de oro**

Juan Carlos Rodríguez Soto<sup>1</sup>, Claver Wilder Aldama Reyna<sup>2</sup>, Marisol Contreras Quiñones<sup>3</sup>, Jhenry Ágreda Delgado<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Docente Investigador, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, <https://orcid.org/0000-0002-8166-8859>,  
jrodriguezs@unitru.edu.pe

<sup>2</sup>Docente Investigador, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, <https://orcid.org/0000-0002-3755-3720>,  
caldama@unitru.edu.pe

<sup>3</sup>Docente Investigador, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, <https://orcid.org/0000-0002-7206-9897>,  
mcontrerasq@unitru.edu.pe

<sup>4</sup> Investigador, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, <https://orcid.org/0000-0002-7173-113X>, jagredad@unitru.edu.pe

La presente investigación determinó el efecto de seis concentraciones de nanopartículas de oro sobre la capacidad de regeneración de *Dugesia* sp., que es un platelminto ampliamente utilizado como modelo biológico en temas de regeneración biológica. Empleando un láser Nd: YAG de marca "Q-Smart450" (1064 nm) se obtuvo una solución madre de 1ppm de nanopartículas de oro (NPs-Au) y con ella se procedió a obtener diferentes concentraciones (0%, 12,5%, 25%, 50%, 75%, 100%) que consistieron en los tratamientos. Luego se procedió a la injuria de los platelmintos obteniendo 240 fragmentos (superior e inferior), teniendo como unidad de análisis a cada uno de los fragmentos de *Dugesia*, estos cortes fueron expuestos a los tratamientos por 5 minutos y posteriormente individualizados en frascos de vidrio, donde fueron evaluados a partir del quinto día, buscando determinar el tiempo de formación total del individuo completo. Para determinar la regeneración completa del individuo se hizo uso de un microscopio óptico detallando la presencia de todas las estructuras, determinando un comportamiento indirectamente proporcional, donde a mayor concentración de nanopartículas de oro se alcanza un menor tiempo de regeneración. El tratamiento 6 (100% NPs-Au) promovió el menor tiempo de formación visible de blastema con 17834 horas frente al tratamiento control (0%) que tardó 240 horas. Finalmente, el análisis de varianza realizado a los distintos tratamientos reveló la presencia de un número variable de grupos homogéneos y diferencias significativas tanto entre los tratamientos como entre los bloques analizados.

**Palabras clave:** Regeneración, nanopartículas, oro, *Dugesia* sp.

# MATRIZ PARA PRESENTAR RESUMEN DE INVESTIGACIONES

ECI NORTE (VERANO - INVIERNO)

<b>TÍTULO</b>	Evaluación de la regeneración biológica por acción de nanopartículas de oro
<b>AUTOR</b>	Juan Carlos Rodriguez Soto
<b>TELÉFONO</b>	944623525
<b>ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>	Ciencias Básicas y naturales
<b>FILIACIÓN (Especificar país)</b>	Universidad Nacional de Trujillo, Perú
<b>CORREO ELECTRÓNICO</b>	jrodriguez@unitru.edu.pe
<b>NÚMERO CELULAR</b>	944623525
<b>ORCID</b>	0000-0002-8166-8859
<b>RESUMEN</b>	
<p>La presente investigación determinó el efecto de seis concentraciones de nanopartículas de oro sobre la capacidad de regeneración de <i>Dugesia</i> sp., que es un platelminto ampliamente utilizado como modelo biológico en temas de regeneración biológica. Empleando un láser Nd: YAG de marca "Q-Smart450" (1064 nm) se obtuvo una solución madre de 1ppm de nanopartículas de oro (NPs-Au) y con ella se procedió a obtener diferentes concentraciones (0%, 12,5%, 25%, 50%, 75%, 100%) que consistieron en los tratamientos. Luego se procedió a la injuria de los platelmintos obteniendo 240 fragmentos (superior e inferior), teniendo como unidad de análisis a cada uno de los fragmentos de <i>Dugesia</i>, estos cortes fueron expuestos a los tratamientos por 5 minutos y posteriormente individualizados en frascos de vidrio, donde fueron evaluados a partir del quinto día, buscando determinar el tiempo de formación total del individuo completo. Para determinar la regeneración completa del individuo se hizo uso de un microscopio óptico detallando la presencia de todas las estructuras, determinando un comportamiento indirectamente proporcional, donde a mayor concentración de nanopartículas de oro se alcanza un menor tiempo de regeneración. El tratamiento 6 (100% NPs-Au) promovió el menor tiempo de formación visible de blastema con 17834 horas frente al tratamiento control (0%) que tardó 240 horas. Finalmente, el análisis de varianza realizado a los distintos tratamientos reveló la presencia de un número variable de grupos homogéneos y diferencias significativas tanto entre los tratamientos como entre los bloques analizados.</p> <p><b>Palabras clave:</b> Regeneración, nanopartículas, oro, <i>Dugesia</i> sp.</p>	
<b>Forma de presentación</b>	PPT si es exposición oral ( <input checked="" type="checkbox"/> ) Banner ( <input type="checkbox"/> ) (Incluir Roll screem de 2mtx1mt)
<b>Enviar al correo:</b>	<a href="mailto:dinvestigacion@uss.edu.pe">dinvestigacion@uss.edu.pe</a>

# ANEXO N°03

## PLANTILLA PARA PRESENTACIÓN Y PUBLICACIÓN DE TRABAJO

### Evaluación de la regeneración biológica por acción de nanopartículas de oro

### Evaluation of biological regeneration by the action of gold nanoparticles

Juan Carlos Rodríguez-Soto<sup>1</sup>, Claver Aldama-Reyna<sup>2</sup>, Marisol Contreras-Quiñones<sup>3</sup>, Jhenry Ágreda Delgado<sup>4</sup>

<sup>1,3</sup>Laboratorio de Citometría, Universidad Nacional de Trujillo  
<sup>2,4</sup>Laboratorio de Óptica y Láseres, Universidad Nacional de Trujillo

#### RESUMEN

La presente investigación determinó el efecto de seis concentraciones de nanopartículas de oro sobre la capacidad de regeneración de *Dugesia* sp., que es un platelminto ampliamente utilizado como modelo biológico en temas de regeneración biológica. Empleando un láser Nd: YAG de marca "Q-Smart450" (1064 nm) se obtuvo una solución madre de 1ppm de nanopartículas de oro (NPs-Au) y con ella se procedió a obtener diferentes concentraciones (0%, 12,5%, 25%, 50%, 75%, 100%) que consistieron en los tratamientos. Luego se procedió a la injuria de los platelmintos obteniendo 240 fragmentos (superior e inferior), teniendo como unidad de análisis a cada uno de los fragmentos de *Dugesia*, estos cortes fueron expuestos a los tratamientos por 5 minutos y posteriormente individualizados en frascos de vidrio, donde fueron evaluados a partir del quinto día, buscando determinar el tiempo de formación total del individuo completo. Para determinar la regeneración completa del individuo se hizo uso de un microscopio óptico detallando la presencia de todas las estructuras, determinando un comportamiento indirectamente proporcional, donde a mayor concentración de nanopartículas de oro se alcanza un menor tiempo de regeneración. El tratamiento 6 (100% NPs-Au) promovió el menor tiempo de formación de individuo completo (178,34 horas), en comparación al tratamiento control (0%) que tardó 240 horas. Finalmente, el análisis de varianza realizado a los distintos tratamientos reveló la presencia de un número variable de grupos homogéneos y diferencias significativas tanto entre los tratamientos como entre los bloques analizados.

**Palabras clave:** Regeneración, nanopartículas, oro, *Dugesia* sp.

## ABSTRACT

The present investigation determined the effect of six concentrations of gold nanoparticles on the regeneration capacity of *Dugesia* sp., which is a flatworm widely used as a biological model in biological regeneration issues. Using a "Q-Smart450" brand Nd: YAG laser (1064 nm), a 1ppm stock solution of gold nanoparticles (NPs-Au) was obtained and with it we proceeded to obtain different concentrations (0%, 12.5%, 25%, 50%, 75%, 100%) that consisted of the treatments. Then the flatworms were injured, obtaining 240 fragments (upper and lower), having as the unit of analysis each of the *Dugesia* fragments, these cuts were exposed to the treatments for 5 minutes and later individualized in glass jars, where they were evaluated from the fifth day, seeking to determine the total training time of the entire individual. To determine the complete regeneration of the individual, the presence of all structures was used with a reduced optical microscope, determining an indirectly proportional behavior, where a higher concentration of gold nanoparticles is achieved in a shorter regeneration time. Treatment 6 (100% NPs-Au) promoted the shortest time to complete individual formation (178.34 hours), compared to the control treatment (0%) which took 240 hours. Finally, the variation analysis carried out on the different treatments shows the presence of a variable number of homogeneous groups and significant differences both between the treatments and between the blocks analyzed.

**Keywords:** Regeneration, nanoparticles, gold, *Dugesia* sp.

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (2020) son cientos las personas en todo el mundo que anualmente a centros de salud buscando curar diversas heridas producto de quemaduras u otras situaciones. La tecnología en terapias y medicamentos ha permitido tener grandes avances; sin embargo, aún sigue siendo un tema donde se promueve nueva investigación con mayores resultados.

En los últimos años, la nanotecnología se ha hecho presente en todas las áreas de la vida humana, y el área de la salud no ha sido ajena a dicho fenómeno. La nanotecnología en el aspecto de salud ha revelado nuevas e interesantes propiedades de los metales a escalas nanométricas. Dentro de las cuales se puede citar a la actividad antimicrobiana citada para nanopartículas de plata y cobre. Estas propiedades han atraído la atención de numerosos

investigadores, debido a que presentan propiedades físicas y químicas distintas a sus versiones en macromoléculas.<sup>1</sup>

Entre las nanopartículas metálicas, las nanopartículas de oro (NPs-Au), o también denominadas coloides de oro, que resaltan por sus marcadas diferencias de sus versiones de mayor escala a primera vista, por ser una solución color rojo vinosa y por tener propiedades antioxidantes.<sup>2</sup> Las investigaciones realizadas con NPs-Au revelan diferentes propiedades, Chithrani & Chan (2007)<sup>3</sup> obtuvieron resultados beneficiosos en la endocitosis de proteínas, Thaxton *et al.* (2009)<sup>4</sup> probaron la síntesis de lipoproteínas de alta densidad adheridas a nanopartículas de oro (HDL-NPs-Au). Van Rijt & Habibovic (2017)<sup>5</sup> demostraron la capacidad de detección de variados iones metálicos.

Por otro lado, existen diversas especies que muestran una habilidad para reemplazar partes de su cuerpo o tejidos perdidos, denominada regeneración, esto ha atraído la atención de numerosos estudios y trabajos. Existen distintos organismos modelos de regeneración, entre estos se incluyen a las hidras y a las planarias. Especies del género *Dugesia*, que son de agua dulce, son un constante objetivo de estudios científicos para medir la regeneración.<sup>6</sup>

Los especímenes del género *Dugesia* son capaces de regenerar a partir de su cabeza a un organismo completo, y desde esa época se ha continuado realizando numerosos estudios de estos invertebrados, situándolos como uno de los principales modelos biológicos de regeneración.<sup>7</sup> Actualmente se emplea a esa especie como modelo biológico para la evaluación regenerativa de tejidos.

La capacidad natural regenerativa de *Dugesia* se debe entre otros factores a la presencia de neoblastos, son considerados los únicos tipos de células somáticas que se reproducen mitóticamente en planarias adultas.<sup>8</sup> Cuando se produce algún tipo de injuria, los neoblastos inician su proliferación y migran a la zona afectada, generando un tejido especial denominado blastema; a partir del cual se realizará la formación de la fracción injuriada.<sup>9</sup>

La presente investigación pretende dar a conocer el efecto que tienen las nanopartículas de oro sobre la regeneración de *Dugesia* sp., determinar la concentración de NPs-Au más adecuada para obtener una mayor capacidad regenerativa.

## **METODOLOGÍA**

Los ejemplares biológicos (*Dugesia* sp.) se colectaron en la localidad de Laredo, Trujillo. Luego fueron trasladados al Laboratorio de Citometría, para su respectiva crianza e identificación taxonómica. En base a los ejemplares obtenidos se obtuvo una población homogénea. La unidad de análisis consistió en un fragmento superior o inferior, esta clasificación asumió el papel de bloques en el diseño experimental.

Las nanopartículas de oro (NPs-Au) fueron sintetizadas en el laboratorio de Óptica y Láseres empleando para ello el láser Nd: YAG de marca "Q-Smart450" (1064 nm) con la técnica de Ablación Láser Pulsada en Medio Líquido. La caracterización de las nanopartículas refirió la forma esférica y una concentración de 1 ppm. En base a esta solución madre se procedió a obtener diferentes concentraciones (12,5%, 25%, 50%, 75%, 100%) incluyendo un control (0%).<sup>10</sup>

La aplicación de los tratamientos consistió en enfrentar los fragmentos de *Dugesia* sp., previamente obtenidos, con las diferentes concentraciones de NPs-Au por cinco minutos. Los datos obtenidos sobre el tiempo de regeneración a individuo completo fueron tabulados para su posterior manejo e interpretación estadística.

## RESULTADOS

**Tabla 1.** Tiempo promedio (horas) de la formación del individuo completo en *Dugesia* sp. por efecto de diferentes concentraciones de nanopartículas de oro.

B \ T	T1	T2	T3	T4	T5	T6
I	240,02	220,85	218,04	186,36	180,40	178,34
II	248,03	236,64	222,24	190,00	188,80	185,55

**Leyenda:**

**TRATAMIENTOS:** Concentraciones de nanopartículas de oro (NPs-Au)

**T1:** 0 % NPs-Au

**T2:** 12,5 % NPs-Au

**T3:** 25,0 % NPs-Au

**T4:** 50,0 % NPs-Au

**T5:** 75,0 % NPs-Au

**T6:** 100 % NPs-Au

**BLOQUES:** Fragmento de *Dugesia* sp.

**I:** Fragmento superior

**II:** Fragmento inferior

## CONCLUSIONES

Se determinó que las nanopartículas de oro, en las concentraciones evaluadas, tienen un efecto positivo en la regeneración del modelo biológico de *Dugesia* sp. en condiciones de laboratorio. El fragmento superior regeneró en menor tiempo y el tratamiento 6 (100% NPs-Au) promovió el menor tiempo de formación de individuo completo (178,34 horas).

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT), al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y al Banco Mundial por el financiamiento de la presente investigación mediante el Proyecto "Síntesis de nanopartículas metálicas y su efecto sobre la regeneración biológica" con Contrato N° 013-2018-FONDECYT-BMIADT-SE.

## REFERENCIAS

1. Khan, A.K., Rashid, R., Murtaza, G., Zahra, A. (2014). Gold nanoparticles: synthesis and applications in drug delivery. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 13(7):1169-117. doi: 10.4314/tjpr.v13i7.23
2. Minakshi, D., Kyu, H.S., Seong, S.A.A., Dong, K.Y. (2011). Review on gold nanoparticles and their applications. *Toxicology and Environmental Health Sciences* 3(4):193-205. doi: 10.1007/s13530-011-0109-y
3. Chithrani, B. D. & Chan, W. C. W. (2007). Elucidating the Mechanism of Cellular Uptake and Removal of Protein-Coated Gold Nanoparticles of Different Sizes and Shapes. *Nano Letters*, 7(6), 1542–1550. doi:10.1021/nl070363y
4. Thaxton, C. S., Daniel, W. L., Giljohann, D. A., Thomas, A. D., & Mirkin, C. A. (2009). Templated Spherical High Density Lipoprotein Nanoparticles. *Journal of the American Chemical Society*, 131(4), 1384–1385. doi:10.1021/ja808856z
5. Van Rijt, S., & Habibovic, P. (2017). Enhancing regenerative approaches with nanoparticles. *Journal of The Royal Society Interface*, 14(129), 20170093. doi:10.1098/rsif.2017.0093
6. Pechenik, J.A. (2016). *Biologia dos Invertebrados*. 7a ed. McGraw Hill Brasil.
7. Allen, J.M., Ross, K.G., Zayas, R.M. (2016). Regeneration in Invertebrates: Model Systems. In: eLS. John Wiley & Sons Ltd, Chichester. doi: 10.1002/9780470015902.a0001095.pub2
8. Reddien, P. W. & Sánchez-Alvarado, A. (2004). Fundamentals of planarian regeneration. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 20:725-757.
9. Reddien PW, Bermange AL, Murfitt KJ, Jennings JR, Sánchez Alvarado A. (2005). Identification of genes needed for regeneration, stem cell function, and tissue homeostasis by systematic gene perturbation in planaria. *Dev Cell* 8:635–649
10. Aldama, W., Agreda, J., Valverde-Alva, M. & Angelats-Silva, L. (2018) Phyoacoustic study changes in optical properties of colloids with nanoparticles produced by laser ablation. *International Journal of Applied Engineering Research* 13(2): 1408-1414. Recuperado: [https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n2\\_78.pdf](https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n2_78.pdf)

[jrodriguez@unitru.edu.pe](mailto:jrodriguez@unitru.edu.pe)

944623525

Dr. Blgo. Juan Carlos Rodriguez Soto

# ANEXO N°01

## DATOS GENERALES Y CURRICULUM VITAE

### DATOS GENERALES

---

Nombres completos: José Antonio.

Apellidos completos: Rodríguez Melquiades

Mayor grado académico alcanzado: Doctor                      Nro. de colegiatura: CM 477

Si el informe es en grupo, por lo menos un integrante debe estar colegiado y colocar los datos de todos los integrantes.

Institución donde estudia o trabaja: Universidad Nacional de Trujillo

Dirección electrónica: jrodriguez@unitru.edu.pe

Teléfono de residencia \*Sea de Perú o del extranjero. Poner códigos completos: 044.

Teléfono de contacto en Perú: 943672599

Día probable de llegada a Perú – Chiclayo \*Si reside en Perú colocar Resido en Perú: .....

Institución de referencia que acredite su investigación...Universidad Nacional de Trujillo

### CURRICULUM VITAE

---

#### 1. FORMACIÓN ACADÉMICO PROFESIONAL

##### 1.1. Grados y títulos

###### 1.1.1 Estudios Post-Grado:

Doctor Universidade de Brasilia - Brasil

###### 1.1.2 Post Grado:

Magíster en Ciencia de la computación  
Universidade Federal de Minas Gerais – Brasil

###### 1.1.3 Pre-Grado:

Bachiller en Ciencias Físicas y Matemáticas.  
Universidad Nacional de Trujillo

###### 1.1.4 Título:

Licenciado en Matemáticas  
Universidad Nacional de Trujillo

## **2 INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN INTELECTUAL**

### **2.1 Textos Universitarios**

Libro texto: Teoría de la Computación: Lenguajes Formales y Máquinas. Resolución No. 188-04/FCFYM-Dec. UNT.

Libro texto: Algebra universal para ciencia de la computación: Aplicación a la criptografía. Para estudiantes de Informática de la Universidad Nacional de Trujillo. 2014 (en proceso).

## **3 ASESORÍA Y DIRECCIÓN DE TESIS**

### **3.1 Asesor de tesis**

#### **3.1.1 Maestría**

Modelos de Optimización para la Localización de estaciones base y Asignación de frecuencias para una red celular.

Optimización de los problemas de Localización de estaciones base, Diseño topológico de la red y Asignación de la frecuencia para una red celular de telecomunicaciones basadas en la tecnología GSM.

Agente computacional que ayuda al investigador a descubrir conocimiento científico en cultivos.

Recuperación de la Información en textos hablados.

Optimización de la asignación de recursos y del ruteo de vehículos para la recolección de basura del Distrito de Trujillo.

#### **3.1.2 Pregrado concluidos y en proceso de culminación**

Heurística para la colecta de residuos domiciliarios en la en la ciudad de Trujillo, basado en el ruteo de vehículos con ventanas de tiempo. 2013.

Busca tabú para la entrega y colecta de productos médicos basado en una variante del ruteo de vehículos con ventanas de tiempo. 2013.

Algoritmo dividir y conquistar para la detección de masas anormales en el seno mediante el procesamiento de mamografías digitales. 2012.

Desarrollo de un algoritmo integrado para el cifrado y control de acceso a la información basado en curvas elípticas. 2012.

Desarrollo de una herramienta computacional para el análisis táctico y estadístico en partidos de baloncesto grabados en video. 2012.

Diseño de un algoritmo con puntos de visibilidad para determinar el camino mas corto en la Universidad Nacional de Trujillo, y el análisis de la eficiencia computacional.

Autómata finito para la generalización de la estructura de datos diccionario y su aplicación para el procesamiento del lenguaje.

Desarrollo de una propuesta algorítmica basado en el modelo vectorial para optimizar la búsqueda de de documentos web en sistemas de recuperación de información.

...

Desarrollo de un sistema informático para el control móvil de la seguridad de un hogar.

Modelos de Optimización para la Asignación de Frecuencias para una red celular.

Algoritmo genético y contornos activos para la segmentación de imágenes médicas.

Optimización de la Categorización automática de documentos mediante algoritmos genéticos.

Algoritmo Criptográfico Optimizado para la Seguridad de la Información – ACOSI.

#### **4 PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS, SEMINARIOS, TALLERES Y OTROS**

##### **4.1 Ponente**

##### **4.1.1 Congresos Internacional**

XXVII ANPET. Logística reversa de vehículos no fim de vida: A realidade internacional e os desafios do Brasil com vistas à sustentabilidade ambiental. Belem do Para, **BRASIL**. 2013.

XXVI ANPET. Desafios do sistema de logística reversa na promoção da sustentabilidade urbana sob a ótica da city logistics: O caso dos resíduos sólidos de condomínios. Joinville Santa Catarina, **BRASIL**. 2012

III Workshop Panamericano de Matemática Aplicada y Computacional. UNT. Trujillo, 2000.

II Semana de Post-Graduación en Ciencia de la computación. Universidade Federal de Minas Gerais. Brasil. Belo Horizonte - **BRASIL**, 1998.

## ANEXO N°03

# Modelo de ruteo de vehículos con ventanas de tiempo aplicado a la logística directa

José A. Rodríguez Melquiades  
Universidad Nacional de Trujillo

### RESUMEN

En el ámbito comercial, empresas abastecedoras son aquellas que tienen estrategias flexibles y planes de desarrollo que responde al ambiente dinámico del sector urbano. Tales estrategias son usadas para optimizar los costos, mediante una adecuada distribución de los productos satisfaciendo las necesidades de sus clientes y sin perjudicar el medio ambiente. En la investigación se realizó una revisión bibliográfica de las principales contribuciones en ruteo de vehículos en múltiples niveles y su utilidad en resolver problemas reales dentro de la logística directa. Después de un análisis y basado en la metodología de la programación lineal entera, se propuso un nuevo modelo de ruteo en dos niveles con ventana de tiempo para optimizar los costos de transporte; además de determinar las cantidades CO<sub>2</sub> generadas por los vehículos. Los resultados computacionales demuestran la capacidad del modelo propuesto para un caso real de aplicación. Futuras investigaciones son discutidas.

**Palabras clave:** Logística, optimización, ruteo de vehículos, programación lineal entera, CO<sub>2</sub>

### ABSTRACT

In the commercial context, supplying companies are those that have flexible strategies and development plans that respond to the dynamic environment of the urban sector. Such strategies are used to optimize costs, through an adequate distribution of products satisfying the needs of its customers and without harming the environment. In the research, a bibliographic review of the main contributions in vehicle routing at multiple levels and its usefulness in solving real problems within direct logistics. After an analysis and based on the whole linear programming methodology, a new two-level routing model with a time window was proposed to optimize transport costs; in addition to determining the amounts of CO<sub>2</sub> generated by vehicles. The computational results demonstrate the capacity of the proposed model for a real case of application. Future research is discussed.

**Key words:** Logistics, optimization, vehicle routing, integer linear programming, CO<sub>2</sub>

## INTRODUCCIÓN

Como fue establecido en [7], en el mundo competitivo actual, empresas viables son aquellas que tienen estrategias que responden al ambiente dinámico del sector urbano. Tales estrategias son usadas para optimizar los costos económicos, mediante una adecuada distribución de los productos satisfaciendo las necesidades de las personas.

Como muchos problemas de la vida real pueden ser expresados como problemas abstractos de optimización, es decir, problemas que pueden ser formulados en términos de grafos y como modelos de programación lineal y programación entera [4], entonces la optimización combinatoria se constituyó en una herramienta muy útil.

Históricamente la logística data desde la década de los años 40, estableciéndose que tuvo su inicio desde la segunda guerra mundial, siendo usado por las fuerzas armadas norteamericanas [2]. A través del tiempo el concepto de logística ha ido cambiando o corrigiéndose o adaptándose a los tiempos modernos [1]. Conceptos de logística directa y reversa son presentados en [7].

En los años 90 e inicios del siglo XXI se hicieron diversos estudios y pruebas con el objetivo de organizar la distribución de carga urbana, para así disminuir el tráfico y la contaminación de las ciudades. Estos estudios ayudaron a las autoridades en la planificación del transporte de carga, considerando la logística urbana la cual esté relacionada con la cadena de suministro y por lo tanto relacionado con el transporte de carga urbana y las operaciones logísticas.

El transporte de carga hace dos importantes contribuciones, por un lado en la estructuración de las ciudades modernas, y por otro lado preservar la forma moderna de vivir de los ciudadanos pues permite mantener el flujo de productos haciéndolo más accesible al consumidor. Su eficiencia se debe al buen uso de la logística.

Por lo tanto, el concepto tradicional de logística actualmente establece que ella es responsable de la planificación, operación y control de todo el flujo de mercaderías e información, desde el proveedor hasta su llegada a los consumidores. Otros afirman que actualmente el concepto de logística ha evolucionado en función de la dinámica y demanda de los mercados y negocios, lo que reforzó la busca por la competitividad y la reducción de los costos con la oferta de un nivel óptimo de servicio a los clientes.

De los párrafos anteriores, podemos deducir que la logística se centra en la minimización de los costos económicos, pero con poco interés en los costos sociales tales como la congestión vehicular y contaminación. Esto ha motivado el desarrollo y puesta en práctica del concepto de ciudad logística (*city logistics*), cuyas metas sí están relacionadas con la reducción de la congestión y contaminación

sin penalizar las actividades comerciales de las ciudades, es decir, tres bases son considerados: Movilidad, sustentabilidad y viabilidad.

Otra definición muy importante es dada en [3] quienes establecen que, “la logística trata de la planificación y control de los flujos de materiales e informaciones relacionadas en las organizaciones, tanto en los sectores público y privado. Además, su misión es hacer la entrega de los productos en el local y en la hora correcta, optimizando los costos operacionales totales del proceso satisfaciendo un determinado conjunto de restricciones o condiciones”. Esta definición establece que los problemas logísticos pueden ser solucionados a través de la optimización mediante el modelamiento matemático para ayudar en el proceso de la toma de decisiones.

El ruteo de vehículos discutido en [7] se define como un problema que consiste en hallar rutas óptimas de modo tal que se pueda entregar o coleccionar algún producto, empezando desde uno o varios depósitos hacia cierta cantidad de ciudades o clientes, satisfaciendo ciertas condiciones. Las aplicaciones más comunes son colecta de residuos domésticos, carros repartidores de combustible, distribución de productos y entrega de correspondencia por parte del correo, etc.

Resumiendo, en la investigación se ha logrado resaltar la unificación existente entre optimización combinatoria que con el modelamiento matemático ayuda a resolver problemas de la cadena de suministro, con el objetivo de distribuir óptimamente los productos generados a los consumidores, atendiendo las necesidades de las ciudades modernas, es decir, flujo directo.

## METODOLOGÍA

Basados en las ideas dadas en [6] a través de su modelo propuesto, a seguir se presenta una nueva versión de la propuesta dada por [8], es decir, se ha agregado la ventana de tiempo muy útil ya que permite conocer el tiempo empleado en la entrega de los productos a los clientes, además de medir la emisión de CO2 por parte de los vehículos.

Función objetivo:

$$\begin{aligned} \text{Min } CT = & \sum_{p \in CP} c_{1p} Y_{1p} + \sum_{s \in CS} c_{2s} Y_{2s} + \sum_{g \in G} c_{3g} Z_{1g} + \sum_{v \in V} c_{4v} Z_{2v} + \\ & \sum_{i \in E2, j \in E2, v \in V: i \neq j} c_{6i,j} x_{2i,j,v} + \sum_{i \in E1, j \in E1, g \in G: i \neq j} c_{5i,j} x_{1i,j,g} + \sum_{(i,j) \in A, g \in G, i \neq j} cc \left( \frac{em_g}{q_g} \right) x_{1ijg} \\ & + \sum_{(i,j) \in A, v \in V, i \neq j} cc \left( \frac{em_v}{q_v} \right) x_{2ijv} \end{aligned}$$

Minimizar los costos de instalación de las plataformas y de las unidades satélites; los costos fijos de los vehículos ( $v$ ) y ( $g$ ); los costos de transporte y medición de emisión de CO2 en dos niveles

Sujeto a:

- **Restricción 1**, cada cliente es atendido solamente por un vehículo menor ( $v$ ) que pertenece al nivel E2;

$$\sum_{v \in V, j \in E2: c \neq j} X_{2c,jv} = 1, \forall c \in C$$

- **Restricción 2**, esta restricción establece el equilibrio en cada punto de entrega al cliente, o sea, todo vehículo ( $v$ ) que visita un cliente tiene que obligatoriamente salir después de la atención;

$$\sum_{m \in E2, m \neq j} X2_{m,j,v} - \sum_{m \in E2, j \neq m} X2_{j,m,v} = 0, \forall j \in E2, v \in V$$

- **Restricción 3**, elimina los posibles sub ciclos que pueden suceder en el proceso de ruteo de los clientes;

$$L1_{i,v} - L1_{j,v} + CC \cdot X2_{i,j,v} \leq CC - 1, \forall cc \in CC, j \in CC, v \in V: i \neq j$$

- **Restricción 4**, establece la existencia de una ruta realizada por un vehículo menor ( $v$ ) asignado a un satélite;

$$\sum_{m \in E2, j \in CS: m \neq j} X2_{m,j,v} \leq 1, \quad \forall v \in V$$

- **Restricción 5**, establece la existencia de rutas en el nivel E1 si tuviese unidades satélites abiertas;

$$\sum_{g \in G, j \in E1: m \neq j} X1_{m,j,g} = Y2_m, \quad \forall m \in CS$$

- **Restricción 6**, esta restricción establece el equilibrio en cada unidad satélite, es decir, todo vehículo ( $g$ ) que visita una unidad tiene que obligatoriamente salir después de la atención;

$$\sum_{m \in E1: m \neq h} X1_{m,h,g} - \sum_{m \in E1, h \neq m} X1_{h,m,g} = 0, \quad \forall h \in E1, g \in G$$

- **Restricción 7**, elimina los posibles sub ciclos que pueden suceder en el proceso de ruteo de las unidades satélites;

$$L2_{i,g} - L2_{j,g} + CS \cdot X1_{i,j,g} \leq CS - 1, \quad \forall i, j \in CS, g \in G, i \neq j$$

- **Restricción 8**, constituye una ruta en el nivel 1 realizada por un vehículo mayor ( $g$ ) asignado a una plataforma;

$$\sum_{m \in E1, j \in CP: m \neq j} X1_{m,j,g} \leq 1, \quad \forall g \in G$$

- **Restricción 9**, establece el enlace entre la asignación a una unidad satélite y el proceso de ruteo;

$$\sum_{h \in E2: c \neq h} X2_{c,h,v} + \sum_{h \in E2: s \neq h} X2_{s,h,v} - X3_{s,c} \leq 1, \quad \forall c \in CC, v \in V, s \in CS$$

- **Restricción 10**, cada cliente debe ser asignado a una unidad satélite;

$$\sum_{s \in CS} X3_{s,cc} = 1, \quad \forall cc \in CC$$

- **Restricción 11**, establece el equilibrio de flujo de carga en las unidades satélites;

$$\sum_{p \in CP, g \in G} F_{p,s,g} - \sum_{cc \in CC} d_{cc} X3_{s,cc} = 0, \quad \forall s \in CS$$

- **Restricción 12**, el flujo de carga que sale de la plataforma debe ser menor o igual que su capacidad;

$$\sum_{s \in CS, g \in G} F_{p,s,g} - k1_p Y1_p \leq 0, \quad \forall p \in CP$$

- **Restricción 13**, flujo de carga que llega a las unidades satélites, tiene que ser menor o igual que su capacidad;

$$\sum_{p \in CP, g \in G} F_{p,s,g} - k2_s Y2_s \leq 0, \quad \forall s \in CS$$

- **Restricción 14**, garantiza que la carga que sale de la plataforma llega a la unidad satélite usando el mismo vehículo ( $g$ );

$$k3_g \sum_{h \in E1: s \neq h} X1_{s,h,g} - F_{p,s,g} \geq 0, \quad \forall g \in G, s \in CS, p \in CP$$

$$k3_g \sum_{h \in E1: p \neq h} X1_{p,h,g} - F_{p,s,g} \geq 0, \quad \forall g \in G, s \in CS, p \in CP$$

- **Restricción 15**, la carga asignada al vehículo ( $v$ ) debe ser menor o igual a su capacidad;

$$\sum_{cc \in CC} d_{cc} \sum_{j \in E2: cc \neq j} X2_{cc,j,v} \leq k4_v Z2_v, \quad \forall v \in V$$

- **Restricción 16**, la cantidad de carga transferida por el vehículo ( $g$ ) debe ser menor que su capacidad;

$$\sum_{p \in CP, s \in CS} F_{p,s,g} \leq k3_g Z1_g, \quad \forall g \in G, v \in V$$

- **Restricción 17**, llegada al cliente  $j$ ;

$$L1_{iv} + t_{ij} - 10000(1 - X2_{ijv}) \leq L1_{iv}, \quad \forall i, j \in C, v \in V$$

- **Restricción 18**, ventana de tiempo para cada cliente

$$a_i \leq L1_{iv} \leq b_i, \quad \forall i \in C, v \in V$$

- Restricción de no negatividad das variables;

$$\begin{aligned} X1_{i,j,g} &\in \{0,1\}, & \forall i, j \in E1, g \in G; & X2_{i,j,v} \in \{0,1\}, & \forall i, j \in E2, v \in V \\ X3_{s,cc} &\in \{0,1\}, & \forall s \in CS, cc \in CC; & Y1_p \in \{0,1\}, & \forall p \in CP \\ Y2_s &\in \{0,1\}, & \forall s \in CS; & Z1_g \in \{0,1\}, & \forall g \in G \\ Z2_v &\in \{0,1\}, & \forall v \in V; & F_{p,s,g} \geq 0, & \forall p \in CP, s \in CS, g \in G \end{aligned}$$

Donde:

$CP$  : Conjunto de plataformas,  $p = 1, 2, \dots, p'$ .

$CS$  : Conjunto de satélites,  $s = 1, 2, \dots, s'$ .

$CC$  : Conjunto de clientes,  $cc = 1, 2, \dots, c'$ .

$G$  : Conjunto de vehículos mayores asignaciones en las plataformas,  $g = 1, 2, \dots, g'$ .

$V$  : Conjunto de vehículos menores asignados a las unidades satélites,  $v = 1, 2, \dots, v'$ .

$E1 = CP \cup CS$  : Nivel 1.

$E2 = CS \cup CC$  : Nivel 2.

$c1_p$  : Costo pelo funcionamiento de la plataforma.

$c2_s$  : Costo por el funcionamiento de la unidad satélite.

$c3_g$  : Costo por el uso del vehículo ( $g$ ).

$c4_v$  : Costo por el uso del vehículo ( $v$ ).

$c5_{i,j}$  : Costo de transporte en el primer nivel E1.

$c6_{i,j}$  : Costo de transporte en el segundo nivel E2.

$k1_p$  : Capacidad de la plataforma ( $p$ ).

$k2_s$  : Capacidad del satélite ( $s$ ).

$k3_g$  : Capacidad del vehículo ( $g$ ).

$k4_v$  : Capacidad del vehículo ( $v$ ).

$d_{cc}$  : Demanda do cliente ( $cc$ ).

$t_{ij}$  : Tiempo de viaje entre clientes ( $i, j$ ).

$[a_i, b_i]$  : Ventana de tiempo del cliente ( $i$ ).

$cc$  : Indica consumo de combustible en galón/Km.

$em_g$ ;  $em_v$ : Emisión de CO<sub>2</sub> de los vehículos en gramos/ galón.

$q_g$ ;  $q_v$  : Capacidad de cada vehículo en toneladas.

$X1_{i,j,g}$  : Variable binaria que asume el valor 1 si existe un ruteo en el nivel E1.

- $X2_{i,j,v}$  : Variable binaria que asume el valor 1 si existe un ruteo en el nivel E2.
- $X3_{cc,s}$  : Variable binaria que asume valor 1 si el cliente es asignado a una unidad satélite o 0 en caso contrario.
- $Y1_p$  : Variable binaria que asume el valor 1 si la plataforma esta abierta.
- $Y2_s$  : Variable binaria que asume el valor 1 si una unidad satélite es abierta.
- $Z1_g$  : Variable binaria que asume el valor 1 si el vehículo ( $g$ ) es usado, o 0 en caso contrario.
- $Z2_v$  : Variable binaria que asume el valor 1 si el vehículo ( $v$ ) es usado, o 0 caso contrario.
- $F_{p,s,g}$  : Variable que representa cantidad de productos transportados de plataforma al satélite con ( $g$ ).
- $L1_{cc,v} \geq 0$ : Variable usada para la eliminación de sub ciclos en el proceso de ruteo del conjunto de clientes.
- $L2_{s,g} \geq 0$ : Variable usada para la eliminación de sub ciclos en el proceso de ruteo del conjunto de satélites.

### **Aplicación del modelo de ruteo de vehículos en dos niveles**

Para conocer el potencial del modelo presentado y saber cómo se comporta con datos que representan situaciones reales, se escogió un estudio de caso. El propósito de la aplicación es profundizar el modelamiento de problemas de logística directa en ambientes urbanos.

La ciudad de Trujillo es un polo generador y atractor de viajes que recibe muchos productos provenientes de las ciudades del norte (Pla2) y del sur (Pla1). Basada en este hecho, se propone instalar dos grandes depósitos (plataformas) en el extremo límite de la ciudad y tres unidades satélites (depósitos menores) más cerca de la zona comercial de la ciudad. Esta es una propuesta muy utilizada en logística urbana para disminuir la circulación de vehículos grandes dentro del área urbana.

Por lo tanto, el objetivo es concentrar en las dos plataformas los productos que vienen de las ciudades vecinas y del resto del país. Así, las cargas que provienen de las ciudades localizadas en el sur de la ciudad serán recepcionadas por la plataforma sur, y las que provienen de las ciudades del norte, por la plataforma norte.

Después de pasar por una selección, las cargas son transportadas a las tres unidades satélites usando una flota de vehículos con capacidad de 14 toneladas cada uno. De estas unidades satélites, la carga será distribuida a sus respectivos clientes por medio de otra flota de vehículos con capacidad 10 toneladas, con esa configuración de red (Figura 4) se implementó la variante del modelo de Sterle (2010) aquí presentado para minimizar costos, tanto de transporte como de instalación y dimensionamiento de la red logística, incluyendo la determinación del tamaño de ambas flotas.

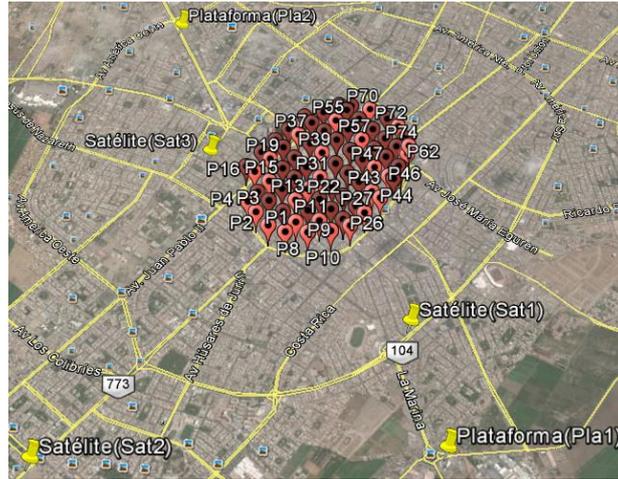


Figura 1 - Ubicación de las plataformas, satélites y clientes

Se simula un escenario con cinco clientes y después de van construyendo otros escenarios aumentando el número de clientes hasta llegar a un determinado límite de tiempo de procesamiento considerado tolerable, en este caso la ejecución del programa es abortado después de pasa el límite de 30 horas. Los resultados presentados en la Tabla 1 muestran la composición de la red logística, los costos en ambos niveles y los tiempos de procesamiento para cada escenario.

**Tabla 1 Resultados computacionales obtenidos para la variante del modelo en Sterle (2010)**

Escenarios	Demanda de los clientes (ton.)	Tiempo (min.)	Costo de ruteo (\$)			
			Costo en el nivel 1	Vehículo: Ruta en nivel 1	Costo en nivel 2	Vehículo: Ruta en nivel 2
1	P1: 1 ; P2: 2; P3: 2 ; P4: 2; P5: 1	0.12	624	g4: pla1-sat1-pla1	43,42	v1: sat1-P2-P1-P3-P4-P5-sat1
2	P1: 1 ; P2: 2; P3: 2 ; P4: 2 P5: 1 ; P: 4 P7: 3	56.54	1680	g3: pla1-sat1-pla1 g4: pla2-sat3-pla2	64,35	v1: sat1-P6-P3-P4-P5-sat1 v2: sat3-P2-P7-P1-sat3
3	P1: 1 ; P2: 2; P3: 2 ; P4: 2; P5: 1 ; P6: 4; P7: 3 ; P8: 2; P9:2	287.70	1680	g3: pla1-sat1-pla1 g4: pla2-sat3-pla2	70,72	v1: sat1-P6-P3-P4-P5-sat1 v2: sat3-P9-P2-P7-P8-P1-sat3
4	P1: 1 ; P2: 2; P3: 2 ; P4: 2; P5: 1 ; P6: 4; P7: 3 ; P8: 2; P9: 2 ; P10:1; P11: 3	1848.57	1680	g3: pla1-sat1-pla1 g4: pla2-sat3-pla2	93,46	v1: sat1-P6-P3-P4-P5-sat1 v2: sat3-P9-P2-P7-P8-P1-sat3 v3: sat3-P10-P11-sat3

## CONCLUSIONES

La investigación realizada ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- La logística juega un rol importante ya que permite que las empresas dedicadas a la producción de bienes, puedan distribuir su producción en el lugar adecuado atendiendo a los clientes.
- La programación entera pertenece a la clase de problemas NP, es decir, problemas que no pueden ser solucionados eficientemente mediante un algoritmo polinomial.

- (c) El ruteo de vehículos en dos niveles con ventana de tiempo contribuye con la logística directa, mediante el modelamiento matemático de sus problemas con el objetivo de optimizar los costos de transporte, además de medir la generación del CO<sub>2</sub> emitido por los vehículos.

## REFERENCIAS

- [1] De Brito, M.; Dekker, R. *A framework for reverse logistics*. Research in management, Erasmus research institute of management. 2003.
- [2] Galvão Novaes, A. *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: Estratégia, operações e avaliação*. 3er edição. Campus Elsevier. 2007
- [3] Ghiani, G.; Laporte, G.; Musmanno, R. *Introduction to logistics systems planning and control*. Jhon Wiley & Sons. 2004
- [4] Korte, B; Vygen, J. *Combinatorial optimization: Theory and algorithms Fifth edition*. Springer Verlag. 2012.
- [5] Maroudas, Evangelos. *City logistics for sustainability the case of Stockholm*. Royal Institute of Technology, School of Architecture and the Built Environment. 2011.
- [6] Perboli, G.; Tadei, R.; Vigo, D.. *The two-echelon capacitated vehicle routing problem: Models and Math-Based Heuristics*. CIRRELT-2008-55. 2008.
- [7] Rodríguez M., José A. . *Panorama actual del ruteo de vehículos: Análisis, evaluación e implementación de los modelos y sus aplicaciones en la logística directa y reversa*. Trabajo de investigación, código 39621501123, Universidad Nacional de Trujillo. 2015.
- [8] Sterle, C. *Location-Routing models and methods for freight distribution and infomobility in city logistics*, Thèse de doctorat. Centre interuniversitaire de recherché sur les réseaux d' entreprise, la logistique et le transport, CIRRELT- 20010 - 38.

E-mail: [jrodriguez@unitru.edu.pe](mailto:jrodriguez@unitru.edu.pe)

Teléfono de contacto: 943672599