

# Regresión Logística Binaria aplicado al conocimiento en aspectos de reciclaje

**Luis Eladio Rodríguez González**

Escuela de Ingeniería en

Producción Industrial

✉ Lurodriguez@itcr.ac.cr

## Introducción

En Costa Rica, la Ley 8339 para la Gestión Integral de Residuos Sólidos (Asamblea Legislativa, 2010) establece que la municipalidad es la entidad responsable de proveer la recolección de residuos en todo el territorio donde tiene jurisdicción. Sin embargo, la mayoría de los gobiernos locales no han demostrado capacidad para atender en su totalidad las necesidades de todos los distritos dentro de su cantón. En muchos casos, esta tarea ha terminado por delegarse a algunas agrupaciones, muchas de ellas informales, que no ofrecen el mejor servicio, y que no cuentan con un proceso formal de recolección que logre aprovechar la totalidad del valor agregado que tienen los residuos generados diariamente.

Ese fue uno de los hallazgos a los que llegó el Área de Servicios para el Desarrollo Local de la Contraloría General de la República, en el informe N° DFOE-DL-IF-01-2016, que evaluó el servicio de recolección de residuos ordinarios del 1° de enero de 2014 al 31 de diciembre de 2014:

En 70 de los 81 gobiernos locales, existen algunas comunidades que no tienen acceso al servicio de recolección de residuos municipal. De

acuerdo con los datos suministrados por los 81 gobiernos locales, se estima que son 87 distritos de 481, los que no tienen acceso a dicho servicio municipal. En consecuencia, los habitantes de estas comunidades, por lo general, recurren a utilizar métodos o prácticas no controladas para disponer de sus residuos, tales como: enterrarlos, quemarlos o botarlos en un lote baldío o en cuerpos de agua, lo que deviene en un eventual perjuicio del ambiente, la salud y un deterioro del paisaje natural (Contraloría, 2016, p. 1).

La Contraloría General de la República continúa indicando que:

El acceso y la frecuencia de un servicio que le garantice a los ciudadanos la recolección de residuos selectiva sigue siendo limitado, ya que en la mayoría de los gobiernos locales no se realiza, se carecen de datos para demostrar el avance, solo ofrecen campañas de recolección ocasionales o los porcentajes de recuperación de residuos son poco significativos.

En el 2014, el porcentaje nacional de recuperación de residuos municipales destinados al reciclaje y compostaje no superó el 1.26%, es decir, de 961.5 mil toneladas, se recuperaron para valorizar 12.1 mil toneladas. Las restantes 949.4 mil toneladas fueron a dar a rellenos sanitarios y vertederos municipales. (Contraloría, 2016, p. 2).

Con este estudio es de esperar un incremento en la motivación de la ciudadanía por reconocimientos, certificaciones, y por la satisfacción personal de colaborar con el Plan



Nacional de Descarbonización 2018-2050 (Presidencia de la República de Costa Rica, 2019) en la reducción de emisiones de metano, así como a tener una cultura ciudadana y empresarial orientada a una menor generación y mejor manipulación de residuos.

El presente estudio forma parte del análisis realizado dentro de las acciones del proyecto de Regionalización Universitaria de apoyo a las pequeñas cooperativas afiliadas a la Unión de Cooperativas de la Zona Norte (URCOZON) avalado por la Vicerrectoría de Investigación del Tecnológico de Costa Rica.

### Materiales y métodos

Para la recolección de datos se utilizó una encuesta mediante la plataforma de Formularios de Google. Se incluyeron 24 preguntas cerradas para la evaluación del conocimiento de los participantes acerca del reciclaje. La encuesta tomó en cuenta variables cualitativas, como lo son el rango de edad y el nivel académico, y como variable de respuesta se determinó la puntuación (o nota final) que se obtuvo en la evaluación.

La muestra aleatoria, con la finalidad de evitar algún tipo de sesgo, permitió que cada miembro de la población tuviera la misma oportunidad de contestar la

encuesta, sin importar su rango de edad o grado académico. Posteriormente, se filtra la información para incluir en el análisis todos los rangos de edades, pero solo los niveles colegiales o superiores. Esta muestra tuvo un tamaño de 590 respuestas.

Se enlistaron un total de 24 materiales a los cuales se les solicitó a los participantes indicar para cada uno de ellos si es reciclable o no. Una muestra de las imágenes de algunos de los artículos comerciales que fueron incluidos en la encuesta de evaluación son los mostrados en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Algunas imágenes utilizadas para determinar el conocimiento de materiales reciclables

**Cartón empaque de huevos**



**Malla empaque de frutas**

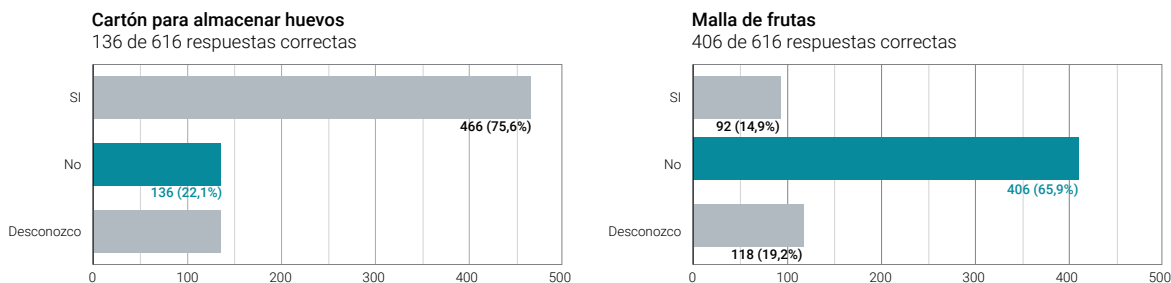


**Empaque de frutas**



Seguidamente, se tabularon los resultados asignando las calificaciones por cada factor utilizado como una respuesta en formato evento/ensayo de manera que la cantidad de respuestas correctas se divida entre el total de 24 para obtener la calificación respectiva, permitiendo su análisis mediante la regresión logística binaria. Los resultados correctos son los resaltados en color verde.

**Figura 1.** Muestra de respuestas obtenidas en la encuesta de evaluación



**Nota:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

## Resultados

A continuación, se muestran los resultados más relevantes del estudio.

### 1. Análisis de varianza

Como resultado del estudio se muestra en primera instancia el análisis de varianza mediante la

prueba de Wald, indicando que hay muy poca probabilidad de cumplimiento de la hipótesis nula ( $H_0$ ), por lo que la no aceptación

de esta implica que ambos factores utilizados, tanto la edad como el nivel académico, influyen en el conocimiento de la forma de reciclaje.

**Cuadro 2.** Análisis de Varianza (ANOVA) de factores utilizados en el estudio sobre conocimiento de reciclaje

Fuente	G.L.	Prueba chi-cuadrada	Valor p
Regresión	12	87,59	0,00
Rango edad	9	30,97	0,00
Nivel académico	3	20,18	0,00

**Nota:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

### 2. Coeficientes de Regresión

El efecto derivado de los factores utilizados para la calificación obtenida en la prueba de conocimiento en

reciclaje muestra los niveles (en color gris) que tienen un mayor aporte al resultado según su coeficiente de regresión y valor p. De igual forma, la

multicolinealidad (FIV) se encuentra en rangos aceptables (menores a 5), lo que implica que no hay correlación entre predictores.

**Cuadro 3.** Aporte de cada coeficiente de regresión

Término	Coefficiente	Valor Z	Valor p	FIV
De 25 a 29 años	0,1586	1,96	0,050	1,29
De 30 a 34 años	0,0413	0,46	0,644	1,19
De 35 a 39 años	-0,0216	-0,24	0,813	1,29
De 40 a 44 años	0,0126	0,17	0,863	1,43
De 45 a 49 años	0,2031	2,75	0,006	1,45
De 50 a 54 años	0,0604	0,69	0,492	1,23
De 55 a 59 años	-0,2248	-2,29	0,022	1,17
Mayor a 60 años	-0,2590	-2,43	0,015	1,12
Menor a 20 años	-0,0651	-1,22	0,221	1,55

**Nota:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

### 3. Efecto de cada nivel de factor usado

Se examinan las diferencias entre las medias de respuesta de cada uno de los niveles de los factores usados y se muestran en la gráfica de efectos principales. En este caso, se observa la coincidencia del aporte de cada coeficiente de regresión y su valor de efecto en la gráfica, siendo

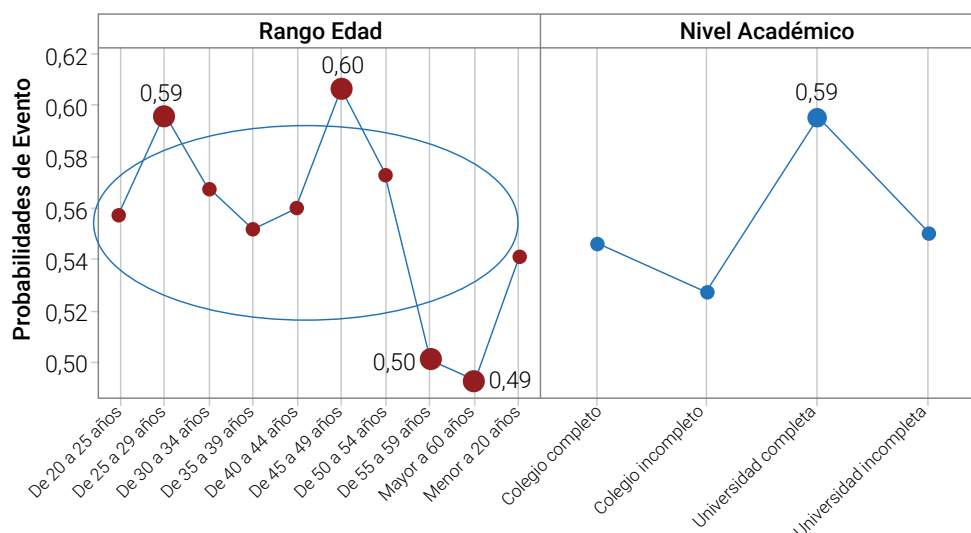
los rangos de edad con mayores aportes de 25-29 años y de 45-49 años. Los rangos de edad con menores efectos en la calificación son de 55-59 años y mayores a 60 años.

Los restantes rangos de edad determinados para el estudio no producen efectos significativos para la variable de respuesta, que en este caso es la calificación obtenida luego

de la prueba de conocimiento de material de reciclaje. Los mismos son detallados mediante un óvalo en la Figura 2.

El caso de mayor influencia en el nivel académico es la universidad completa. Los restantes niveles aportan calificaciones bajas en los resultados.

**Figura 2.** Efectos principales para la calificación obtenida en la prueba de conocimiento en reciclaje



**Nota:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

#### 4. Relación de probabilidades según nivel académico

En la regresión logística, las relaciones de probabilidades

comparan las probabilidades de cada nivel de una variable de respuesta categórica. Las relaciones cuantifican la manera en que cada

predictor afecta las probabilidades de cada nivel de respuesta.

**Cuadro 4.** Relación de probabilidad para predictores categóricos según su nivel académico

Nivel A	Nivel B	Relación
Universidad completa	Colegio incompleto	1,3192
Universidad completa	Colegio completo	1,2221
Universidad completa	Universidad incompleta	1,2027
Universidad incompleta	Colegio completo	1,0161
Universidad incompleta	Colegio incompleto	1,0968
Colegio completo	Colegio incompleto	1,0795

**Nota:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

Algunos ejemplos de lectura de la tabla de relación de probabilidad para el nivel académico son las siguientes:

- Las personas con *universidad completa* tienen 1,3192 veces más probabilidad de reciclar

adecuadamente que las personas con *colegio incompleto*.

- Las personas con *universidad completa* tienen 1,2221 veces más probabilidad de reciclar adecuadamente que las personas con *colegio completo*.

#### 5. Relación de probabilidades según rango de edad

A continuación, se detallan los resultados que cuantifican la manera en que cada predictor de rango de edad afecta las probabilidades de cada nivel de respuesta.

**Cuadro 5.** Relación de probabilidad para predictores categóricos según su rango de edad

Nivel A	Nivel B	Relación	Intervalo Confianza
Menor a 20 años	Mayor a 60 años	1,2142	(0,9762; 1,5101)
Menor a 20 años	De 55 a 59 años	1,1733	(0,9652; 1,4261)
De 50 a 54 años	De 35 a 39 años	1,0855	(0,8740; 1,3482)
De 50 a 54 años	De 20 a 25 años	1,0623	(0,8943; 1,2618)
De 50 a 54 años	De 40 a 44 años	1,0490	(0,8681; 1,2676)
De 50 a 54 años	De 30 a 34 años	1,0193	(0,8199; 1,2673)
De 45 a 49 años	De 35 a 39 años	1,2519	(1,0329; 1,5174)
De 45 a 49 años	De 20 a 25 años	1,2251	(1,0598; 1,4162)
De 45 a 49 años	De 40 a 44 años	1,2098	(1,0281; 1,4237)
De 45 a 49 años	De 30 a 34 años	1,1756	(0,9666; 1,4297)
De 45 a 49 años	De 25 a 29 años	1,0454	(0,8748; 1,2493)
De 40 a 44 años	De 35 a 39 años	1,0348	(0,8539; 1,2540)
De 40 a 44 años	De 20 a 25 años	1,0127	(0,8783; 1,1675)
De 30 a 34 años	De 20 a 25 años	1,0421	(0,8750; 1,2412)
De 25 a 29 años	De 20 a 25 años	1,1719	(0,9998; 1,3736)

**Nota:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

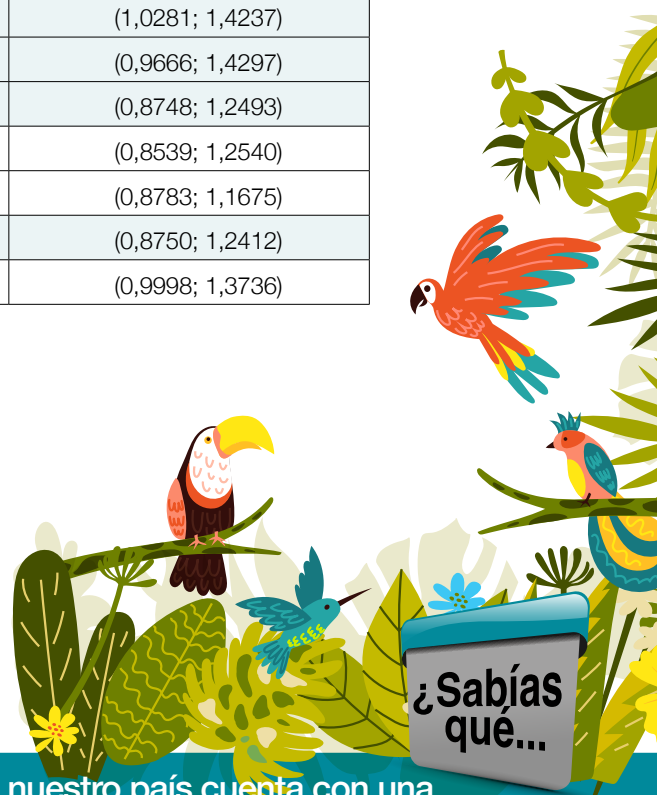
Algunos ejemplos de lectura de la tabla de relación de probabilidad son las siguientes:

- Las personas *menores a 20 años* tienen 1,2142 veces más probabilidad de reciclar adecuadamente que las personas con edad *mayor a 60 años*.
- Las personas con edades dentro del rango de *45 a 49 años* tienen 1,2519 veces más probabilidad de reciclar adecuadamente que las personas con edades dentro del rango de *35 a 39 años*.

## 6. Análisis de deseabilidad

Se evalúa qué tan bien la combinación de variables satisface las metas que se definieron para las respuestas (máximo valor = 24). En este caso, la deseabilidad compuesta e individual corresponde al mismo valor por cuanto solo se analiza una respuesta y no un conjunto de respuestas.

El valor de deseabilidad de las respuestas para lograr el objetivo de maximizar la evaluación como reflejo del conocimiento en materia de reciclaje indica que la combinación de variables es aceptable (0.6424) en comparación con el valor óptimo =1. Adicionalmente, se muestra la combinación (resaltada en color rojo) que reflejará los mejores resultados.

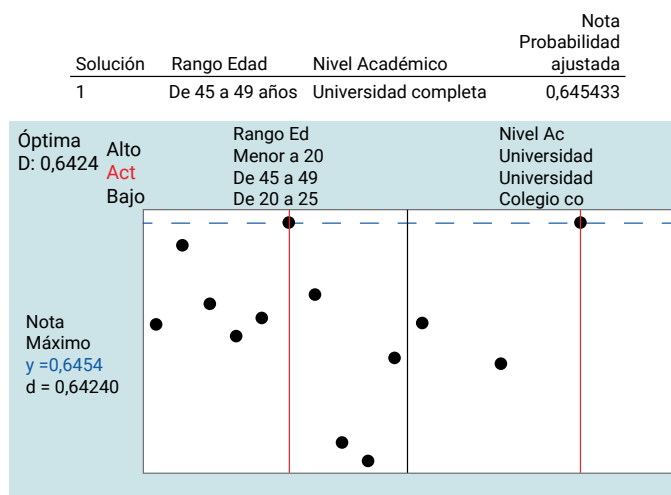


## nuestro país cuenta con una “sobresaliente biodiversidad”?

Costa Rica también es una de las grandes maravillas del mundo con la biodiversidad más densa encontrada en la Tierra. Los bosques primarios y secundarios, manglares, planicies y volcanes son el hogar de una increíble variedad de flora y fauna, esto según el Instituto Costarricense de Turismo.

Tomado de [www.nationalgeographiccl.com](http://www.nationalgeographiccl.com)

**Figura 3.** Valores para optimización de la respuesta



**Fuente:** Cálculos de regresión logística binaria, con datos de encuesta electrónica.

## Conclusiones

El análisis de varianza mediante la prueba de Wald indica que los factores categóricos utilizados (edad y nivel académico) son significativos en el resultado del conocimiento al reciclar materiales.

Los valores de multicolinealidad (FIV) se encuentra en rangos aceptables, lo que implica que no hay correlación entre predictores. No hay riesgo de obtener resultados inestables por incremento de la varianza de los coeficientes de regresión utilizados en este estudio.

Se determina que los rangos de 25 a 29 años y de 45 a 49 años son los que tienen las mayores probabilidades de obtener una calificación alta.

Se concluye que las personas con universidad completa son los que tienen las mayores probabilidades de obtener una calificación alta.

Las personas mayores a 55 años son los que tienen las menores

probabilidades de obtener una calificación alta, y por ello de ejecutar la labor de reciclaje de manera correcta.

Las relaciones de probabilidad para predictores categóricos más relevantes según su rango de edad y nivel académico se muestran en los cuadros 4 y 5.

La combinación que obtiene los mejores resultados corresponde a el rango de edad entre 45-49 años, con un nivel académico universitario completo, y con una deseabilidad para alcanzar el valor óptimo de 0.64

Presidencia de la República. (2019). Plan de Descarbonización, compromiso del Gobierno del Bicentenario. Presidencia de Costa Rica. <https://www.minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf>

Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. (2010). Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839 del 13 de julio de 2010. [https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024&strTipM=TC](https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024&strTipM=TC)

## Referencias

Contraloría General de la República. (2016). Informe de auditoría operativa acerca de la gestión de las municipalidades para garantizar la prestación eficaz y eficiente del servicio de recolección de residuos ordinarios. [https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs\\_cgr/2016/SIGYD\\_D\\_2016002526.pdf](https://cgrfiles.cgr.go.cr/publico/docs_cgr/2016/SIGYD_D_2016002526.pdf)