



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Análisis en la adulteración de la miel de abeja (*Apis mellifera*) mediante el uso de Espectrometría Infrarrojo Cercano en la región San Martín

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Willy Disney Montalvo Hurtado

ASESOR:

Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada

Tarapoto – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Análisis en la adulteración de la miel de abeja (*Apis mellifera*) mediante el uso de Espectrometría Infrarrojo Cercano en la región San Martín

AUTOR:

Willy Disney Montalvo Hurtado

Sustentada y aprobada el 11 de abril del 2022, por el siguiente jurado:


.....
Ing. Dr. Manuel Fernando Coronado Jorge
Presidente


.....
Ing. M.Sc. Cicerón Tuanama Reátegui
Secretario


.....
Ing. M.Sc. Epifanio Efraín Martínez Mena
Vocal


.....
Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Willy Disney Montalvo Hurtado, con DNI N° 70078808, bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Análisis en la adulteración de la miel de abeja (*Apis mellifera*) mediante el uso de Espectrometría Infrarrojo Cercano en la región San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 11 de abril del 2022.



.....
Willy Disney Montalvo Hurtado
DNI N° 70078808

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	MONTALVO HURTADO WILLY DISNEY		
Código de alumno :	092170	Teléfono:	982484219
Correo electrónico :	wmontalvo.h@hotmail.com DNI: 70078808		

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL
Escuela Profesional de:	INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Análisis de la adulteración de la miel de abeja (<i>Apis mellifera</i>) mediante el uso de Espectrometría Infrarrojo Cercano en la región San Martín
Año de publicación:	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



Firma del Autor

8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la UNSM - T.

Fecha de recepción del documento.

01 / 08 / 2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología
e Innovación de Acceso Abierto - UNSM.
Ing. Grecia Vanessa Fachin Ruíz
Responsable

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios y a la Virgen María:

Por ser guía en todo el camino de mi vida.

A mis Padres:

Disney y Bertila, gracias al esfuerzo inagotable hicieron posible cumplir mis objetivos, a mi esposa Raquel Soto e hijas Doménica y Fátima que son la fuente de motivación para seguir superándome.

Willy Disney

Agradecimiento

Agradecer a Dios por la salud y vida que me ha brindado, para poder concluir mi carrera profesional de ingeniería agroindustrial.

Agradezco en general a mis profesores que fueron pilares principales en mi desarrollo profesional en especial a mi asesor el Ing. Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada y al Ing. Richer Garay Montes por darme soporte en el uso de equipos para las pruebas de laboratorio.

De igual manera quienes participaron en la elaboración de esta investigación, a todas aquellas personas que ayudaron y colaboraron de diferentes formas para mejorar el contenido y enriquecer la investigación de tesis.

Índice general

Introducción.....	1
 CAPITULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	 3
1.1. Antecedentes de la investigación.....	3
1.2. La miel.....	5
1.3. Composición química de la miel.....	6
1.4. Adulteración de mieles.....	8
1.4.1. Métodos de detección de adulteraciones de la miel.....	8
1.4.2. Espectroscopia en el infrarrojo cercano.....	9
1.4.2.1. Instrumentación.....	10
1.4.3. Aplicaciones del NIRS.....	12
 CAPITULO II MATERIAL Y MÉTODOS	 13
2.1. Lugar de ejecución.....	13
2.2. Materia prima.....	13
2.3. Diseño experimental.....	13
2.4. Materiales y métodos.....	15
2.4.1. Materiales.....	15
2.4.2. Metodología experimental	15
 CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	 18
3.1. Identificar y discriminar muestras de miel adulteradas a diferentes porcentajes de jarabe de maíz y azúcar invertida (0 a 100%) frente a muestras genuinas, utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR).....	18
3.2. Modelo de predicción del porcentaje de adulteración de las mieles con jarabe de maíz y azúcar invertida (0 a 100%), frente a muestras genuinas.....	22
3.3. Establecer la autenticidad de miel procedentes de 04 pisos ecológicos distribuidos en la región San Martín.....	30
3.4. Concentraciones de azúcares y la viscosidad predominante en las 04 zonas de vida.....	35

CONCLUSIONES.....	40
RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	46

Índice de tablas

Tabla 1. Composición de la miel de <i>Apis mellifera</i>	7
Tabla 2. Composición química de la miel de abeja.....	7
Tabla 3. Regiones del espectro electromagnético entre 780 y 10 ⁶ nm.....	10
Tabla 4. Parámetros de evaluación nutritiva tradicionalmente analizados por NIR.....	12
Tabla 5. Enlaces relacionados a la energía infrarroja absorbida que presenta la miel en la región NIR.	21
Tabla 6. Resumen de regresión del jarabe de maíz.....	24
Tabla 7. Combinación de los 6 tratamientos experimentales.....	24
Tabla 8. Descomposición de la Regresión Mínimos Parciales – PLS en el jarabe de maíz.....	31
Tabla 9. Descomposición de la Regresión Mínimos Parciales – PLS en la azúcar invertida.....	31
Tabla 10. Análisis propio: basado en datos X centrados en la media y datos Y centrados en la media (Varianza total espectral (X) = 0,011), para el jarabe de maíz.	32
Tabla 11. Análisis propio: basado en datos X centrados en la media y datos Y centrados en la media (Varianza total espectral (X) = 0,013) para la azúcar invertida.....	32
Tabla 12. Número de LV utilizados para el modelo completo, para el jarabe de maíz.....	33
Tabla 13. Número de LV utilizados para el modelo completo, para la azúcar invertida.....	33
Tabla 14. Parámetros estimados para los adulterantes, jarabe de maíz y azúcar invertida utilizando el método de calibración PLS.....	34
Tabla 15. Regresión Lineal Múltiple MLR (completas) para el jarabe de maíz.....	35
Tabla 16. Regresión Lineal Múltiple MLR (completas) para el jarabe de maíz.....	35
Tabla 17. Promedios de los datos experimentales para las localidades en estudio.....	37
Tabla 18. Promedios de los datos experimentales para los ecosistemas en estudio.....	38
Tabla 19. Promedios de los datos experimentales para los ecosistemas en estudio.....	38

Índice de figuras

Figura 1.	Espectro electromagnético NIR.....	9
Figura 2.	Bandas de absorción en la región NIR.....	10
Figura 3.	Sistemas de registro en NIR. Izq.: Disposición clásica. Der.: Sondas de fibra óptica.....	11
Figura 4.	Análisis multivariante resulta extremadamente útil utilizar álgebra matricial.	14
Figura 5.	Aproximación geométrica del problema.....	14
Figura 6.	Los efectos y la interacción de los diferentes factores.....	14
Figura 7.	Miel adulterada con miel de maíz.....	18
Figura 8.	Miel adulterada con azúcar invertida.....	19
Figura 9.	Miel pura sin adulterar.....	19
Figura 10.	Miel adulterada al 2% con miel de jarabe de maíz	19
Figura 11.	Muestra de miel adulterada al 98% con jarabe de maíz	20
Figura 12.	Muestra de miel adulterada al 2% con miel de azúcar invertida.....	20
Figura 13.	Muestra de miel adulterada al 98% con miel de azúcar invertida.....	20
Figura 14.	Resumen de los datos experimentales procesados para el programa de miel adulterado con jarabe de maíz	21
Figura 15.	Resumen de los datos experimentales procesados para el programa de miel adulterado con azúcar invertida.	23
Figura 16.	Comportamiento estadístico de las muestras promediadas en el jarabe de maíz	23
Figura 17.	Comportamiento estadístico de las muestras promediadas en azúcar invertida	23
Figura 18.	Modelamiento con el error estándar de predicción (SEP) para el jarabe de maíz	24
Figura 19.	Modelamiento con el error estándar de predicción (SEP) para el azúcar invertido.....	25
Figura 20.	Porcentaje de varianza Vs Componentes Principales para cada modelo en el jarabe de maíz.....	25
Figura 21.	Porcentaje de varianza Vs Componentes Principales para cada modelo en la azúcar invertida	26
Figura 22.	Comportamiento de la miel de maíz calculado Vs especificado.....	26

Figura 23. Comportamiento de la miel con azúcar invertida calculado Vs especificado	27
Figura 24. Error residual del jarabe de maíz	27
Figura 25. Error residual de la azúcar invertida.....	27
Figura 26. Comportamiento del Error residual atípico del jarabe de maíz	28
Figura 27. Comportamiento del Error residual atípico de la azúcar invertida	31
Figura 28. Comportamiento de la distancia de optimización del jarabe de maíz.....	29
Figura 29. Comportamiento de la distancia de optimización de la azúcar invertida	29
Figura 30. Comportamiento de la distancia de optimización de la azúcar invertida	30
Figura 31. Espectros NIR de muestras de miel de abeja original, azúcar invertida y jarabe de maíz respectivamente	30
Figura 32. Porcentaje de azúcares en la miel por localidad	36
Figura 33. Porcentaje de azúcares en las mieles por ecosistemas	36

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivos la identificación y desarrollo de un modelo de predicción, así como establecer la autenticidad de mieles en 04 pisos ecológicos. Se sometió a análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS) con la finalidad de encontrar las relaciones fundamentales entre las variables independientes y clases codificadas como números enteros, las cuales fueron modeladas simultáneamente teniendo en cuenta la varianza y covarianza entre variables y clases, se midieron los espectros de muestras puras de miel orgánica, jarabe de maíz (miel de maíz) y azúcar invertida a diferentes concentraciones (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 92%, 94%, 96%, 98%, 100%) se prepararon diluciones de muestra adicionales como muestras de validación para verificar los métodos. Los espectros se dividieron en tres regiones particularmente por la presencia de los azúcares predominantes: Glucosa, fructuosa y sacarosa para longitudes de onda entre 300-5200 y 4300 cm^{-1} respectivamente. Las muestras presentaron combinaciones y sobretonos intramoleculares como los enlaces carbono-hidrógeno (CH), oxígeno-hidrógeno (OH) y nitrógeno-hidrógeno (NH). La regresión lineal en ambos modelos presenta coeficientes de determinación cercanos a 1 (0,9956 y 0,9851) y bajos errores de cálculo (SEE) y de error de predicción SEP. Es importante indicar que la técnica de espectrometría es capaz de predecir la contaminación o adulteración de mieles a partir de jarabe de maíz y azúcar invertida. La glucosa se presenta alrededor de 4420 cm^{-1} , fructuosa aproximadamente 5150 cm^{-1} y la sacarosa 8230 cm^{-1} , de acuerdo a la tendencia demostrada por los datos se procedió a calcular la varianza acumulada en X y Y, esto se realizó con la finalidad de reducir el número de variables de acuerdo al porcentaje calculado de la adulteración, se tomaron los datos mayores a 1 para obtener una buena selección, esto permitió obtener cerca del 99,6 % de la varianza acumulada en Y. Las medias de la concentración de azúcares en mieles de las diferentes localidades, la fructuosa presenta una media de 29,63% la glucosa de 31,90% y la sacarosa de 1,69%, todas presentan una diferencia estadística ($P < 0,01$). Los valores de la viscosidad de las mieles en las localidades y ecosistemas se encuentran en un rango de 3,15 a 1,25 Pa.s, con un valor promedio de 2,06 Pa.s, presentando una diferencia altamente significativa ($P < 0,01$).

Palabras clave: Miel, combinaciones moleculares, sobre tonos, infrarrojo cercano.

Abstract

The objectives of the present work were to identify and develop a prediction model, as well as to establish the authenticity of honeys in 04 ecological zones. It was subjected to partial least squares (PLS) discriminant analysis in order to find the fundamental relationships between the independent variables and classes coded as integers, which were simultaneously modeled taking into account the variance and covariance between variables and classes. Spectra of pure samples of organic honey, corn syrup (corn syrup) and invert sugar were measured at different concentrations (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 92%, 94%, 96%, 98%, 100%), additional sample dilutions were prepared as validation samples to verify the methods. The spectra were divided into three regions particularly by the presence of the predominant sugars: Glucose, fructose and sucrose for wavelengths between 300-5200 and 4300 cm^{-1} respectively. The samples presented intramolecular combinations and overtones such as carbon-hydrogen (CH), oxygen-hydrogen (OH) and nitrogen-hydrogen (NH) bonds. The linear regression in both models presents coefficients of determination close to 1 (0.9956 and 0.9851) and low calculation errors (SEE) and SEP prediction error. It is important to indicate that the spectrometry technique is capable of predicting the contamination or adulteration of honeys from corn syrup and invert sugar. Glucose is presented around 4420 cm^{-1} , fructose approximately around 5150 cm^{-1} and sucrose around 8230 cm^{-1} , according to the tendency demonstrated by the data. The accumulated variance in X and Y was calculated with the purpose of reducing the number of variables according to the calculated percentage of adulteration, data greater than 1 were taken to obtain a good selection, this allowed to obtain about 99.6% of the accumulated variance in Y. Fructose presented an average of 29.63%, glucose 31.90% and sucrose 1.69%, all presenting a statistical difference ($P < 0.01$). The viscosity values of the honeys in the localities and ecosystems are in a range of 3.15 to 1.25 Pa.s, with an average value of 2.06 Pa.s, presenting a highly significant difference ($P < 0.01$).

Keywords: Honey, molecular combinations, overtones, near infrared.



Introducción

La composición química de la miel varía dependiendo de la especie de abeja, origen floral del néctar, métodos de recolección, el estado fisiológico de la colonia, naturaleza del suelo, condiciones climáticas y edafológicas del lugar donde se produce y las posibles adulteraciones (Correa, 2015).

La miel es un producto de alto valor nutritivo y muchas veces se ha visto comprometida su calidad. Estos productos pueden ser adulterados por comerciantes inescrupulosos con la finalidad de aumentar sus márgenes de beneficio. Lastimosamente, a menudo es difícil determinar si los productos han sido adulterados (Lang *et al.*, 2015).

La espectroscopia de infrarrojo cercano por transformada de Fourier (FT-NIR) proporciona un método de prueba rápido y de alta calidad que permite la detección de adulterantes en la miel. Para optimizar la efectividad de la técnica, deberán probarse varios enfoques de modelado de datos.

Un producto de alto valor comúnmente asociado con la adulteración es la miel. Agregar el jarabe de maíz permite a los proveedores deshonestos mantener el sabor dulce sin una diferencia notable en el producto. Sin pruebas, es difícil decir qué mieles están adulteradas y cuáles no. Los métodos de prueba tradicionales para la miel adulterada pueden ser largos y costosos. El etiquetado incorrecto fraudulento de la miel es también un problema importante (Lang *et al.*, 2015).

El objetivo del presente trabajo es la aplicación de la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano por transformada de Fourier (NIR-TIR), la identificación de parámetros infrarrojos que sean capaces de identificar cambios en mieles adulteradas con respecto a mieles genuinas. Finalmente permitirá contar con una técnica rápida para detectar adulteración de mieles, amigable al medio ambiente y sobre todo la garantía del consumo de un alimento nutritivo y no fraudulento.

Para ello se formuló el siguiente problema de investigación ¿Podrá determinarse adulterantes de la miel mediante la aplicación de espectroscopia de infrarrojo cercano por transformada de Fourier (FT-NIR)?

Este trabajo tuvo por objetivo general:

- Contribuir con la aplicación de una técnica que ayude a detectar adulteraciones en mieles en la región San Martín.

Para lograrlo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Identificar y discriminar muestras de miel adulteradas a diferentes porcentajes de jarabe de maíz y azúcar invertida (0 a 100%) frente a muestras genuinas, utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR).
- Desarrollar un modelo de predicción del porcentaje de adulteración de las mieles con jarabe de maíz y azúcar invertida (0 a 100%), frente a muestras genuinas.
- Establecer la autenticidad de miel procedentes de 04 pisos ecológicos distribuidos en la región San Martín.
- Determinar las concentraciones de azúcares predominantes en los 04 pisos ecológicos.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

Lang, *et al.*, (2015), realizaron la detección de adulteración de miel mediante espectroscopia FT-NIR, en su nota de aplicación indica que es posible utilizar la espectroscopia NIR para detectar la adulteración de la miel. El muestreo NIR es rápido y fácil; si se conoce el adulterante, entonces se puede lograr un análisis cuantitativo del adulterante con el modelo de regresión por mínimos cuadrados parciales (PLS). Sin embargo, esto requiere la preparación prolongada de los estándares de calibración. Adulterant Screen modelo propuesto por Lang *et al* (2015) permite detectar la adulteración con mejor sensibilidad que un modelo SIMCA y puede reconocer qué adulterante está presente y estimar la concentración de adulterante sin estándares de calibración cuantitativos. Finalmente, el método se puede implementar en una interfaz de usuario simple para permitir el uso por parte de operadores de rutina.

Guillén (2017), utilizó jarabe de maíz de alta fructuosa a distintos porcentajes (0 a 100%) y obtuvo una clasificación del 100% al aplicar un análisis discriminante lineal (LDA). Además, realizó una regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS), mediante el empleo de la validación cruzada con el fin de desarrollar un modelo de predicción del nivel de adulteración de las mieles. Obtuvo un coeficiente de correlación cercano a 1 usando un total de 10 factores. Por otro lado, para la discriminación en función del origen geográfico, se analizaron muestras de miel procedentes de la denominación granada, así como del Rancho Cortesano de la provincia de Cádiz. En este caso se obtuvo un 97,4% de muestras agrupadas en función de su origen geográfico, utilizando la validación cruzada en el análisis discriminante lineal.

Rodríguez (2016), realizó un análisis quimiométrico, logró clasificar correctamente mieles de zonas cafeteras de acuerdo a su origen geográfico con valores de sensibilidad y especificidad entre 81-100% y 90.2-100%, respectivamente. Por su parte, los datos espectrales proporcionados por la espectroscopia en el infrarrojo cercano y medio generan directamente una huella digital de mieles de zonas cafeteras de Colombia sin necesidad de aplicar ningún tratamiento físico ni químico a la muestra. El análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales aplicado a la espectroscopia infrarroja permitió clasificar

mieles procedentes de zonas cafeteras de Magdalena con una capacidad predictiva del 100%, frente a mieles procedentes de Santander y Cauca. Esto indica que las mieles procedentes de las zonas cafeteras de Santander y Cauca poseen características comunes que les permiten agruparse en una misma categoría.

González *et al.* (2016), estudiaron el uso de la tecnología NIRS junto con el uso de una sonda de fibra óptica de reflectancia remota aplicada directamente sobre la muestra de propóleos para la discriminación de la presencia o ausencia del triadimefon en muestras de propóleos de forma rápida y sin tratamiento ni destrucción de la muestra. Se parte de 66 muestras de propóleos crudos recolectados de diferentes áreas geográficas españolas (Castilla-León, Galicia) y chilenas (zona del Bio-Bio); de dichas muestras se conoce mediante cromatografía de gases acoplada a detección de masas, si la muestra de propóleos está contaminada con triadimefon o no de manera que se dispone de 34 muestras contaminadas y 32 muestras no contaminadas. Para evaluar si la espectroscopia NIR es capaz de diferenciar dicha contaminación, se registran los espectros NIR de cada una de las muestras de propóleo, previamente triturada, en la zona del espectro comprendida entre 1.100 y 2.000 nm. Para realizar la clasificación se utiliza los datos espectrales (450 datos/muestra) y el modelo de discriminación DPLS basado en regresión por mínimos cuadrados parciales. Este es un método cualitativo de reconocimiento de pautas prefijadas mediante el algoritmo PLS 2, de manera que a una muestra se le adjudica un valor de 1 si es miembro de una determinada clase y un cero si no pertenece. En este caso el valor de corte fue de 1,5. Los resultados del modelo de discriminación, DPLS, aplicado a los dos grupos de muestras, con y sin contaminación del fungicida, dan como resultado, que el número de muestras clasificadas correctamente en validación interna es del 79,4%.

El trabajo de Latorre *et al.* (2013), consistió en la aplicación de diferentes técnicas de reconocimiento de patrones (como D-PLS: Regresión de mínimos cuadrados parciales discriminantes; SIMCA: Modelado independiente suave de analogía de clase; Vecinos más cercanos KNN: K; y MLF-NN: Redes neuronales de alimentación de múltiples capas) para derivar diversos modelos para la clase PGI-miel con el objetivo de detectar posibles falsificaciones de estas mieles de alta calidad. Entre todos los procedimientos quimiométricos de clasificación, SIMCA logró ser el mejor modelo PGI con 93.3% de sensibilidad y 100% de especificidad. Por lo tanto, la combinación de los datos de información NIR con SIMCA desarrolló un método único y rápido para diferenciar entre

muestras de miel genuinas PGI-gallegas y otras muestras de miel comerciales de otros orígenes que, debido a su precio más bajo, podrían usarse como sustratos para la falsificación de auténticos PGI.

Jandrić *et al.* (2015), exploraron la posibilidad de aplicar análisis de datos multivariados a diversos parámetros químicos para la discriminación de mieles. Este enfoque se aplicó a cuatro mieles auténticas con diferentes orígenes florales (rata, kamahi, trébol y manuka) obtenidos de productores en Nueva Zelanda. Se analizaron los resultados del perfilado elemental, el análisis de isótopos estables, la metabolómica (UPLC-QToF MS) y las huellas dactilares espectroscópicas NIR, FT-IR y Raman. Se utilizó el análisis discriminatorio parcial de mínimos cuadrados ortogonales (OPLS-DA) para determinar qué técnica o combinación de técnicas proporcionó las mejores capacidades de clasificación y predicción. Se lograron buenos valores de predicción utilizando datos de metabolitos (para las cuatro mieles, $Q^2 = 0.52$; para manuka y trébol, $Q^2 = 0.76$) y el elemento traza / datos isotópicos (para manuka y trébol, $Q^2 = 0.65$), mientras que los otros parámetros químicos mostraron resultados prometedores cuando fueron combinados (para manuka y trébol, $Q^2 = 0.43$).

Ureña *et al.* (2007), procedieron a determinar los anteriores parámetros, además del contenido de glucosa, fructosa e índice fructosa/glucosa a 35 muestras de mieles artesanales obtenidas directamente del apicultor, previamente catalogado como productor con buenas prácticas y 25 de mieles distribuidas en expendios. A su vez, se compararon los resultados poblacionales obtenidos y se les interpretó, con el objetivo de determinar el tipo de alteración que presentara la miel. Se determinó que 89% de las mieles control cumplieron con los parámetros establecidos por el Codex Alimentarius para su contenido de hidroximetilfurfural (HMF), actividad de diastasa, contenido de sacarosa y de fructosa y glucosa. Por lo contrario, sólo el 20% (5) de las mieles comerciales logró cumplir los estándares internacionales y la normativa nacional. Se destaca que un 24% de las muestras comerciales presentan adición de sacarosa y glucosa, 32% sobrecalentamiento o adulteración con sirope de azúcar invertido y 24% adición de jarabe de azúcar invertido.

1.2. La miel

Se define como un producto natural con muchas propiedades beneficiosas y su principal comportamiento es edulcorante, su elaboración es a partir del néctar que se

encuentran en las flores o secreciones extra florales que las abejas catan y recolectan, transportan, transforman con adición de enzimas especiales para finalmente deshidratar, concentrar y almacenar en los panales (Kus, P. M. *et al.*, 2015 y Soria, A.C. *et al.*, 2004).

El resultado complejo de su maduración, se da en una serie de interacciones al interior de la colmena, que dependen del número de abejas que intervienen el proceso de elaboración, del volumen de néctar almacenado (Wang, J.; Li, Q., 2011).

La miel se define también como la sustancia dulce natural producida por las abejas obreras a partir del néctar o exudaciones de otras partes vivas de las flores o presentes en ella, que dichas abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, almacenan y dejan en los panales para que sazone. La miel se compone esencialmente de diferentes azúcares, predominantemente glucosa y fructosa; su color varía de casi incoloro a pardo oscuro y su consistencia puede ser fluida, viscosa o cristalizada, total o parcialmente. Su sabor y aroma reproducen generalmente los de la planta de la cual proceden (NTP, 1999).

1.3. Composición química de la miel

Es un producto biológico muy complejo, cuya composición depende de diversos factores como son: la raza de abejas, el estado fisiológico de la colonia, la flora visitada, naturaleza del suelo, condiciones climáticas y edafológicas del lugar donde se produce (Zegarra, 2006).

La composición química de la miel varía dependiendo de la especie de abeja, origen floral del néctar, métodos de recolección y las posibles adulteraciones. En la tabla 1, se indican los valores promedio de composición química de una miel, según el laboratorio de Nutrición del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Correa, 2015).

Tabla 1*Composición de la miel de Apis mellifera.*

Componente en 100 de miel	Estándar internacional (g)
Agua	17.1
Proteína	0.3
Cenizas	0.2
Azúcares	82.4
Sacarosa	0.89
Glucosa	35.75
Fructuosa	49.94
Sodio	4
Potasio	52
Calcio	6
Magnesio	2
Hierro	0.42
Cobre	0.036
Zinc	0.022

Fuente: Correa (2015)

Según la Norma Técnica Peruana, en la *tabla 2*, se detalla la composición fisicoquímica que debe cumplir de la miel de Abeja.

Tabla 2*Composición química de la miel de abeja*

Contenido aparente de azúcar reductor calculado como azúcar invertido	Mieles no indicadas a continuación	no menos del 65%
	Miel de mielada	no menos del 60%
Contenido de humedad	Mieles no indicadas a continuación	no menos del 53%
	Miel de brezo (<i>Calluna</i>)	no menos del 21%
	Miel de trébol (<i>Trifolium</i>)	no menos del 23%
Contenido aparente de sacarosa	Mieles no indicadas a continuación	no menos del 5%
	Miel de mielada, robinia, alfalfa, mileloto, "Red Gum" (<i>Eucalyptus camaldulensis</i>)	no menos del 10%
	"Red Bell" (<i>Calothamnus sanguineus</i>), "White stringy bark" (<i>Eucalytus scabra</i>), "Grand Banksia" (<i>Banksia grandis</i>), "Grass Tree" (<i>Xanthorrhoea preissii</i>)	no menos del 15%
Contenido de sólidos insolubles en agua	Mieles distintas de la miel prensada	no menos del 0.1%
	Miel prensada	no menos del 0.5%
	Mieles no indicadas a continuación	no menos del 0.6%
Contenido de sustancias minerales (Cenizas)	Mieles de mieladas, o una mezcla de miel de mielada con miel de flores	no menos del 1.0%
Acidez	40 miliequivalentes de ácido por 1000g como máximo	
Actividad de la diastasa	3 como mínimo	
Contenido de hidroximetilfurfural	80 mg kg como máximo	

Fuente: INDECOPI (1999)

1.4. Adulteración de mieles

La miel es el principal producto de la apicultura, generado por la abeja *Apis mellifera*. Éste, como cualquier producto alimenticio, debe cumplir con ciertas normas de calidad, propiedades fisicoquímicas, organolépticas y microbiológicas. Entre estos parámetros se encuentran el contenido de hidroximetilfurfural (HMF), indicador de adulteración, sobrecalentamiento y envejecimiento de la miel, la actividad de la enzima diastasa, indicador de sobrecalentamiento, y la determinación de contenido de sacarosa y azúcares simples, indicadores de adulteración (Ureña, 2007).

Este alimento no es completamente uniforme en cuanto a su composición, ya que varía según la especie de abejas productoras, la forma de alimentarlas y el procedimiento de producción que se lleve a cabo. A pesar de esto, los componentes más comunes que se encuentran en la miel son el agua (17,1%), azúcares (82,4%), proteínas (0,1%) y otros componentes que incluyen vitaminas, minerales, sustancias aromáticas y ácidos orgánicos, entre otros (0,4%). Además, se encuentra en ella cinco enzimas biológicamente activas: la invertasa, la diastasa, la gluco-oxidasa, la catalasa y una fosfatasa ácida (Bogdanov, 2003).

La adulteración de mieles de abeja se da normalmente por varias razones, entre las que se incluyen la adición de sustitutos artificiales de menor valor como el jarabe de maíz, el “azúcar invertido” obtenido por hidrólisis química, y la sacarosa (azúcar de mesa) en forma de jarabe; la alimentación de colmenas durante el flujo de miel y la alimentación en exceso de las colmenas durante la mielada (García, 2003).

1.4.1. Métodos de detección de adulteraciones de la miel

Los métodos de detección de alteraciones en la miel más utilizados, incluyendo la presencia de azúcares extraños y el sobrecalentamiento del producto, incluyen la espectrofotometría de masas del isótopo de carbono (SCIRA) que detecta porcentajes de C13 y C12, relacionados a la producción de azúcares en plantas melíferas C3 y las plantas C4, tales como el maíz y la caña de azúcar, las pruebas de detección de actividad enzimática tales como la diastasa y la invertasa, la presencia del compuesto hidroximetilfurfural (producido por la deshidratación de fructosa y glucosa en medio ácido y con calor), la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) y la de capa fina (TLC), para examinar perfiles de azúcares.

1.4.2. Espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS)

La teoría del NIRS ha sido utilizada desde los años 60, para análisis cuantitativos y cualitativos de alimentos. En productos alimenticios, se han realizado estudios para predecir cuantitativamente la concentración de varios componentes, por ejemplo contenido de proteína en diversos productos alimenticios a base de cereales como maíz, avena y trigo (Kays *et al.*, 2000); determinación del contenido de azúcar en remolachas (Roggo *et al.*, 2002); predicción de humedad, grasa y proteína en pechuga y pierna de pollo (Cozzolino *et al.*, 1996); efecto de molienda de la muestra y de las especies en el análisis de carne (Cozzolino y Murray, 2004).

La radiación NIR (Near-InfraRed) es la radiación del espectro electromagnético comprendida en el intervalo de 780 a 2500 nm, y está situada entre la radiación MIR (Middle InfraRed) y la UV-Vis (*Figura 1*).

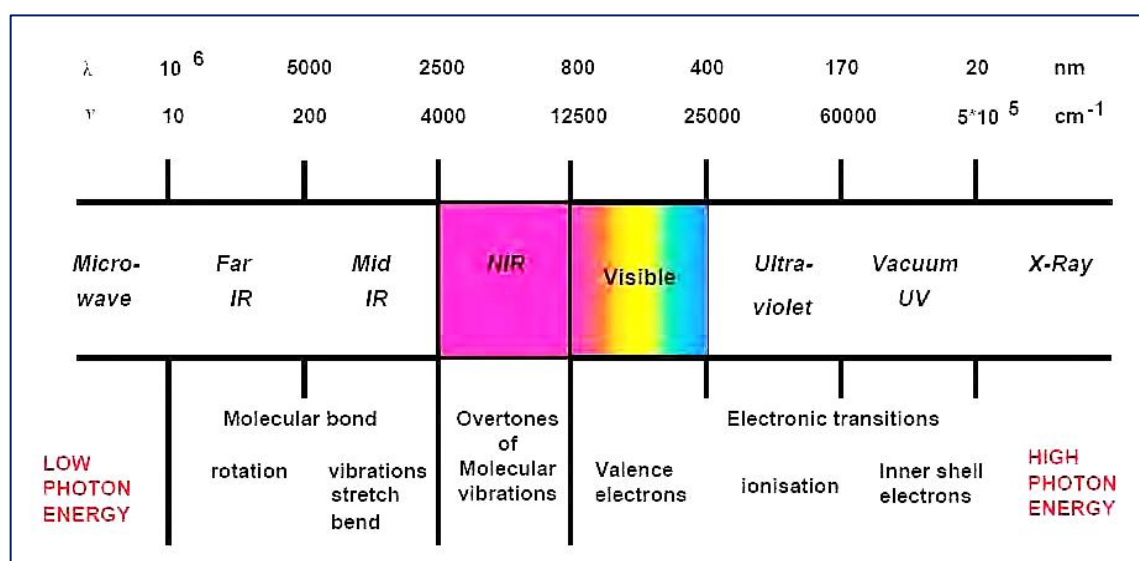


Figura 1. Espectro electromagnético NIR (Murray, 2004)

La región infrarroja del espectro electromagnético está comprendida entre 780 y 10⁶ nm (*Figura 1*), y está dividida en tres subregiones: FIR (Far InfraRed) infrarrojo lejano, MIR (Middle InfraRed) infrarrojo medio y NIR (Near InfraRed) infrarrojo cercano. La absorción en cada una de estas tres regiones es debida a interacciones de diferente naturaleza entre luz y materia (*Tabla 3*).

Tabla 3

Regiones del espectro electromagnético entre 780 y 10⁶ nm.

Región	Intervalo de absorción (nm)	Origen de la absorción
FIR	$4 \cdot 10^4 - 10^6$	Rotaciones moleculares
MIR	2500 – 40000	Vibraciones moleculares fundamentales
NIR	780 – 2500	Sobretonos y bandas de combinación de vibraciones moleculares

Fuente: Murray, (2014)

La *figura 2*, muestra los principales enlaces absorbentes en NIR, y su correspondiente región espectral. Los compuestos orgánicos poseen muchos modos vibracionales que provocan que el espectro NIR sea complejo. Otra característica de la zona del infrarrojo cercano es que las interacciones entre moléculas, como puentes de hidrógeno, afectan al espectro NIR modificando la posición de las bandas. Además, características físicas de la muestra como temperatura, tamaño de partícula o tipo de estructura cristalina también afectan en la región del infrarrojo cercano.

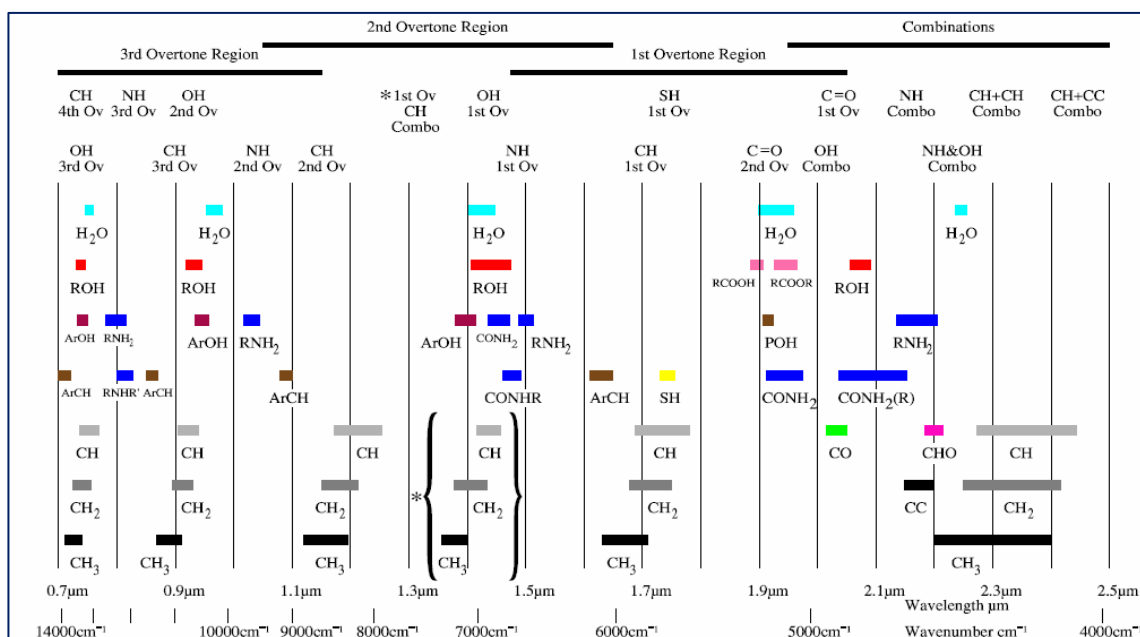


Figura 2. Bandas de absorción en la región NIR (Murray, 2004).

1.4.2.1. Instrumentación

El esquema básico de un instrumento NIRS no difiere de cualquier otro espectrofotómetro. Sin embargo, debido a la baja intensidad de las bandas NIR, el nivel de exigencia en términos de ruido y estabilidad instrumental es mayor que en otros

espectrofotómetros. Sus componentes básicos son: fuente de radiación, sistema de selección de longitudes de onda, compartimiento de muestra y detector.

a. Fuente de radiación

La lámpara halógena de tungsteno continúa siendo la fuente de radiación más utilizada en espectroscopia NIR por su buen funcionamiento, robustez, coste y, porque proporciona un espectro continuo en la región 320 – 2500 nm. Otras fuentes de radiación son los LED (Light Emitting Diodes), atractivos por su eficacia, pequeño tamaño y temperatura de operación, pero que sólo pueden emitir hasta los 1600 nm.

b. Selector de longitudes de onda

Los instrumentos de filtros seleccionan las longitudes de onda interponiendo entre la fuente y la muestra materiales que permiten el paso de determinadas longitudes de onda (Burns and Ciurczak, 2001). Los más sencillos son los filtros de absorción que transmiten longitudes de onda de forma selectiva según el material con el que estén producidos, y los de interferencia, donde las longitudes de onda transmitidas dependen del índice de refracción del material y del ángulo de incidencia de la radiación. Este último tipo de filtros tienen un ancho de banda de 10 ± 2 nm y transmiten aproximadamente un 40% de la radiación (Stark and Luchter, 2004).

c. Compartimiento de muestras

A pesar de la gran variedad de compartimentos de muestras, existen tres sistemas de registro (*figura 3*): transmitancia, reflectancia y transflectancia (sistema de medida donde el haz de luz atraviesa la muestra, se refleja en un reflector en contacto con la misma, y vuelve a atravesar la muestra hasta llegar de nuevo al detector).

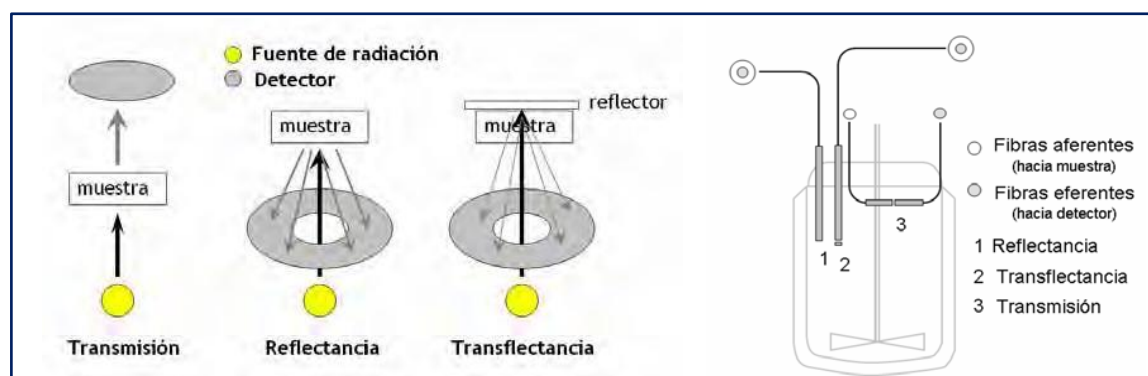


Figura 3. Sistemas de registro en NIR. Izq.: Disposición clásica. Der.: Sondas de fibra óptica. (Murray 2004).

d. Detectores

Los detectores empleados en espectroscopia NIR son construidos con materiales semiconductores como InGaAs, InAs, InSb, PbS o Si. El material más utilizado en la región 1100 – 2500 nm es el PbS, mientras que en la región más próxima al visible (780 – 1100 nm) se emplea generalmente el silicio. Los detectores de InGaAs son buenas alternativas a los detectores de PbS ya que ofrecen mayor respuesta, pero con el inconveniente de que la temperatura de trabajo óptima es de 40°C (Stark and Luchter, 2004).

1.4.3. Aplicaciones del NIRS

Las aplicaciones de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano son numerosas, entre ellas se destacan las fracciones seguras de ciertos análisis como los contenidos de fibras en forrajes tanto frescos como procesados (Cozzolino *et al.*, 2003, Alomar, 1998; Cozzolino, 2006), en la composición química de granos de cereales y alimentos (Vásquez *et al.*, 2004; Saliba *et al.*, 2003), en la determinación de la cinética de digestión en híbridos de maíz.

Tabla 4

Parámetros de evaluación nutritiva tradicionalmente analizados por NIR

Químicos	Biológicos
Materia seca	Digestibilidad in vivo
Proteína bruta	Nutrientes digestibles totales
Fibra (FB, FND, FAD, LAD)	Digestibilidad in vitro, T&T
Cenizas	Ingestión de materia seca
Extracto etéreo	Minerales energía (EB, EI, EM, EN)
Minerales	Digestibilidad enzimática

Fuente. Guzmán, (1996)

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Lugar de Ejecución

La investigación se ejecutó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la UNSM, ubicado en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín.

2.2. Materia Prima

Las mieles procedieron de las siguientes localidades: El Biavo, Cacatachi, Campanilla, Huallaga Central, Juanjui, Lamas, Nueva Cajamarca, Pasarraya, Rioja, San Roque, Soritor y Tocache.

2.3. Diseño Experimental

En el presente trabajo de investigación fue empleado análisis discriminante por mínimos cuadrados parciales (PLS-DA) con la finalidad de encontrar las relaciones fundamentales entre las variables independientes y clases codificadas como números enteros, las cuales fueron modeladas simultáneamente teniendo en cuenta la varianza y covarianza entre variables y clases (Lucio, 2012). El algoritmo PLS captura varianza mientras consigue correlación de parámetros, generando como resultado, valores de clases cercanos a los indicados para cada categoría del set de calibración (Latorre *et al.*, 2013).

Del mismo modo las muestras fueron sometidas a un análisis exploratorio de los datos NIR, usando Análisis de Componentes Principales (PCA) a fin de reducir el número de variables y para seleccionar la mejor longitud de onda para ser utilizada en técnicas de clasificación. Además, el PCA fue aplicado para obtener una correlación de muestras de miel con su origen y para tratar de obtener una clasificación inicial.

PCA es una de las herramientas quimiométricas más utilizadas debido a que permite reducir la dimensionalidad de un conjunto muy grande de datos (Jandrić *et al.*, 2015). Los componentes principales son combinaciones lineales de las variables originales, que se utilizan para estudiar la estructura de los datos en un pequeño tamaño de los originales, conservando la mayor variabilidad posible de las señales de muestra (Latorre *et al.* 2013).

Podemos definir “Y” como un vector aleatorio con p variables (propiedades) medidas en cada objeto. Si tenemos n objetos en la muestra, las observaciones pueden escribirse como y 1, 2, . . . , y “n”, donde:

$$y_i = \begin{pmatrix} y_{i1} \\ y_{i2} \\ \vdots \\ y_{ip} \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} y'_1 \\ y'_2 \\ \vdots \\ y'_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & \dots & y_{1p} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & \dots & y_{2p} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & \dots & y_{np} \end{pmatrix}.$$

Figura 4. Análisis multivariante resulta extremadamente útil utilizar álgebra matricial.

	propiedad #1	propiedad #2	...	...	propiedad #p
objeto #1	y ₁₁	y ₁₂	...	...	y _{1p}
objeto #2	y ₂₁	y ₂₂	...	...	y _{2p}
...
objeto #i	y _{i1}	y _{i2}	...	...	y _{ip}
...
objeto #n	y _{n1}	y _{n2}	...	...	y _{np}
medias	\bar{y}_1	\bar{y}_2	...	...	\bar{y}_p

Figura 5. Aproximación geométrica del problema.

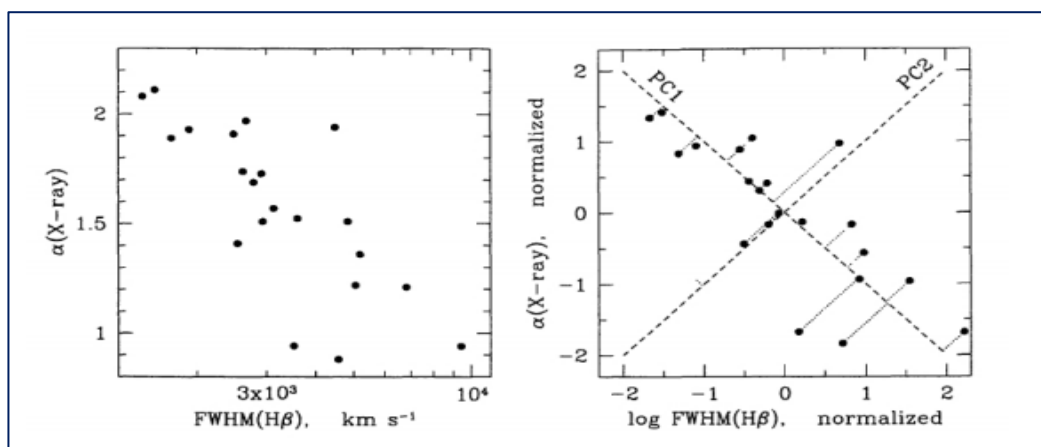


Figura 6. Los efectos y la interacción de los diferentes factores.
(Fuente: Francis & Wills 1999)

Los efectos y la interacción de los diferentes factores se analizaron mediante análisis de multivariante aplicando Componentes Principales, para ello se utilizó el software estadístico incorporado en el equipo espectrómetro NIR-FTIR modelo FRONTIER llamado Spectrum Two.

2.4. Materiales y Equipos

2.4.1. Materiales.

a) De campo

Las mieles fueron cosechadas y transportadas en frascos de vidrio para evitar su fermentación y degradación.

2.4.2. Equipos e instrumentos

- Espectrómetro NIR-FTIR, marca Perkin Elmer, modelo Frontier, de 4000 a 1200 cm^{-1} .
- Balanza analítica (AND GH-200, capacidad 220 g, mínimo 0.001 g).
- Balanza de precisión (SARTORIUS BASIC, mínimo 0.01 g).
- Estufa (MEMMERT, Modelo ED080, 1,20 KW).

2.4.3. De laboratorio

- Placas petri medianas de Ø 9 cm.
- Campana desecadora (Cap. 2 L aprox.).
- Bureta automática de 50 ml.
- Papel aluminio.
- Papel toalla.
- Guantes de Látex.
- Piseta de plástico de 500 ml.
- Pinzas de metal.
- Pipeta digital de 5 ml.
- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 100 ml.
- Vasos de precipitación de 1000 ml, 500 ml y 50 ml.
- Fiolas de 100 ml y 50 ml.
- Probeta de 100 ml.

2.5. Metodología experimental.

a. Preparación de la muestra

Se utilizó la metodología descrita por Lang *et al.*, (2015), que indica que las muestras de miel tienen que ser vertidas en una placa de Petri, y luego ser colocadas en la parte superior de un accesorio de Reflectancia NIRA II, y colocado en un Adaptador de

Transflectancia sobre la muestra. Los espectros se recolectaron a 8 cm^{-1} , los datos espectrales de NIR se recolectaron en un tiempo de exploración de 30 segundos.

Se midieron los espectros de las siguientes muestras puras:

- Miel orgánica de los ecosistemas planteados en el presente trabajo (Alto Mayo, Bajo Mayo, Huallaga Central y Alto Huallaga).
- Jarabe de maíz
- Azúcar invertida

Se midieron diez espectros replicados para cada uno de estos materiales puros.

- Miel orgánicas de 04 ecosistemas
- Miel adulteradas con jarabe de maíz (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 92%, 94%, 96%, 98%, 100%).
- Miel adulteradas con azúcar invertida (0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14%, 16%, 18%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 92%, 94%, 96%, 98%, 100%).

Se prepararon diluciones de muestra adicionales como muestras de validación para probar los métodos: Jarabe de maíz, azúcar invertida y mieles orgánicas. Se diluyeron dos veces por separado, una vez con 10% de jarabe de maíz y una vez con 10% de azúcar invertida. Se utilizó un Espectrómetro NIR marca Perkin Elmer, modelo FTIR.

Calibración

Para utilizar el equipo NIR con el accesorio NIRA, se prosiguió con el protocolo de verificación, para lo cual se apertura el software Spectrum IR, se procedió a colocar el spectralon de referencia en el centro de la luz infrarroja, se tapa y se realiza la medición, verificando el instrumento y cuando esto termine la computadora indica si PASO, es donde se culmina la calibración.

Determinación de la viscosidad

Para determinar la viscosidad de la miel se aplicó el método descrito por Panduro (2018) en un reómetro de cilindros concéntricos marca Brookfield DV - 111 Ultra controlado mediante el programa Rheocalc, trabajando a la temperatura de 60°C , se utilizó el SPINDLE RV 18.

Determinación de los azúcares en la miel

Se realizó de acuerdo a lo descrito por Estela (2019), se pesó aproximadamente 1 g de miel de abeja en una fiola de 10 ml y registró el peso exacto. Fue diluida la muestra enrasando la fiola hasta 10 ml con una solución de acetonitrilo - agua (5:95). Con una jeringa desechable se tomó parte de la muestra diluida que fue filtrada en filtro de nylon de 2 μm y colocada en un vial. Enseguida se tapó el vial cuidando de no tocar la parte superior de la tapa. El vial rotulado fue ubicado en la bandeja para viales del equipo HPLC y se procedió al análisis en las condiciones siguientes: Tipo de columna: Hypersil GOLD Amino C18, longitud de columna: 150 mm, diámetro de columna: 3mm, tamaño de partícula: 3 μm , resolución real: 250 – 300 mV, fase móvil: acetonitrilo – agua (80:20), temperatura de la columna 35°C, volumen de inyección 1 μl , flujo 0.8 ml/min, tiempo de retención 8 minutos, detector de Índice de Refracción RefractoMax 521, bomba isocrática, finalmente la presión de 1500 PSI.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Identificación y discriminación de muestras de miel adulteradas a diferentes porcentajes de jarabe de maíz y azúcar invertida.

En las figuras 7 y 8, se presentan las mieles adulteradas con miel de maíz y azúcar invertida respectivamente, las que fueron contaminados a diferentes concentraciones (2 al 98%) y se observa una cierta variación en la absorbancia, mientras que las muestras de miel maíz presentan una media de 1,70 las muestras de miel de la azúcar invertida presenta una media 1,74. Asimismo, se presentan los espectros medios obtenidos a la longitud de onda en el rango de 4000 a 10000 cm^{-1} , algunas zonas espectrales en el rango de 10000 a 9500 cm^{-1} y 9700 a 7500 cm^{-1} , existiendo una diferencia en la intensidad de la señal de acuerdo a las concentraciones de la miel de maíz; mientras que la miel con azúcar invertida las longitudes de onda se encuentran entre 10000 a 9500 cm^{-1} y 9200 a 7200 cm^{-1} ; esta característica se debe a las cantidades de adulterantes que se van añadiendo y por ende se van incrementando mientras que la cantidad de miel original van disminuyendo y esto corresponde al cambio de color que se van expresando las muestras.

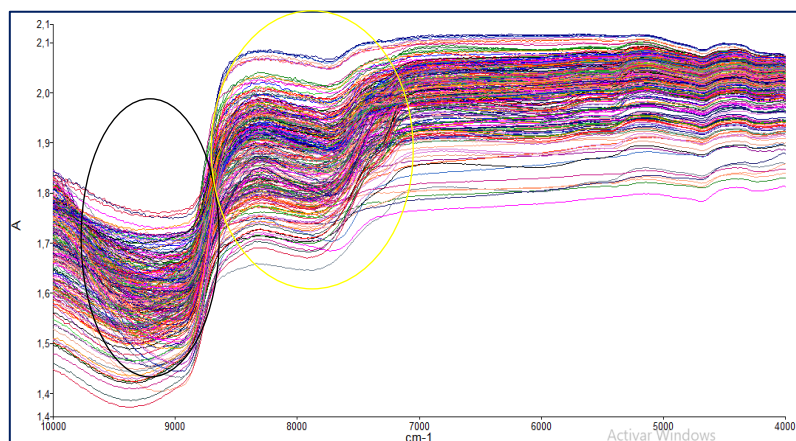


Figura 7. Miel adulterada con miel de maíz

Guillen (2017), obtuvo espectros entre los rangos de 25000-16666,67 y 6250-5405,41 cm^{-1} , utilizando jarabe de maíz con alta fructuosa encontró valores de absorbancia determinadas por cambios de color ámbar-amarillo a amarillo pálido producto del jarabe de maíz. Cabe mencionar que en esta investigación está entre los 10000 y 4000 cm^{-1} .

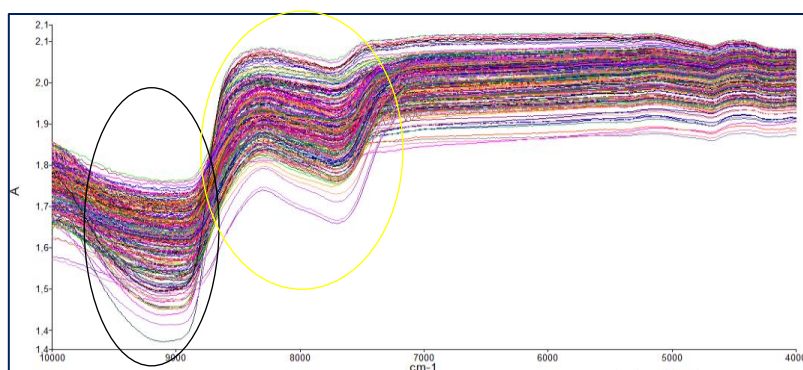


Figura 8. Miel adulterada con azúcar invertida

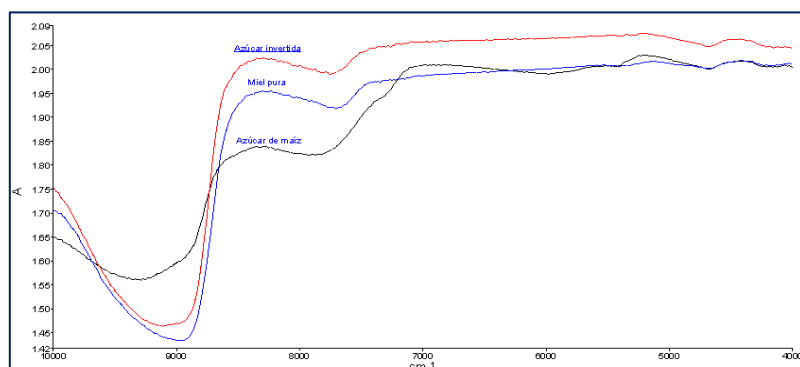


Figura 9. Muestras estándares de azúcar invertida, azúcar de maíz y miel pura.

La figura 9, se localizan el comportamiento de estándares y miel pura, se encuentran en los rangos donde existe mayor concentración de agua (azúcar de maíz), sin embargo, el contenido de glucosa y fructuosa sobre sale en la miel pura y azúcar invertida. En la figura 10 se presenta la miel pura sin adulterar a comparación con las mieles adulteradas al 2% y 98% de jarabe de maíz y azúcar invertida (figura 11, 12, 13 y 14), existen diferencias espectrales y de absorbancia de manera que esta variabilidad está en función de los porcentajes de contaminación.

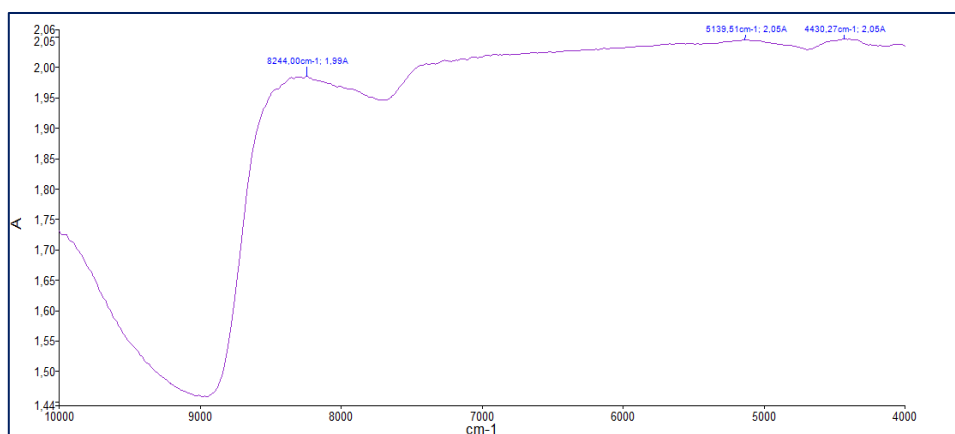


Figura 10. Miel pura sin adulterar

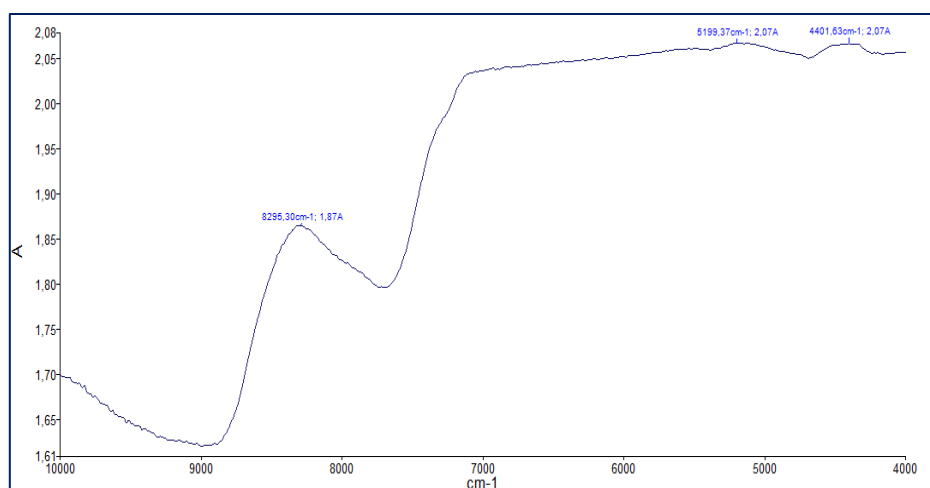


Figura 11. Miel adulterada al 2% con miel de jarabe de maíz

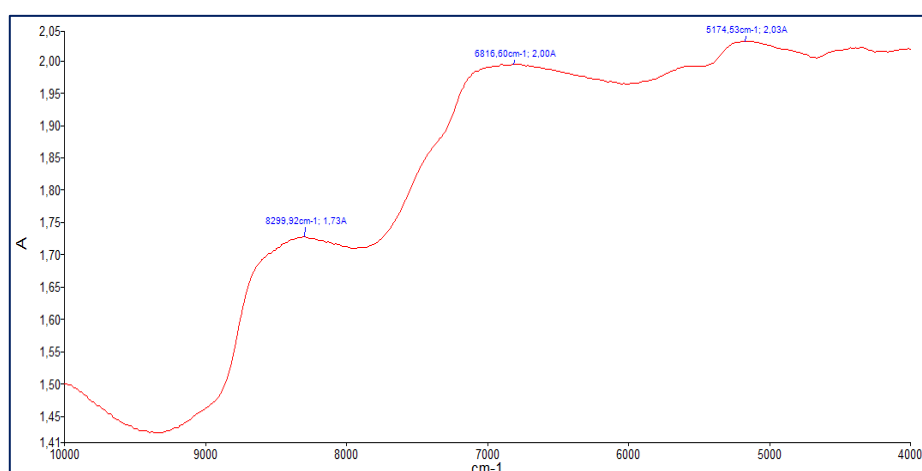


Figura 12. Muestra de miel adulterada al 98% con jarabe de maíz

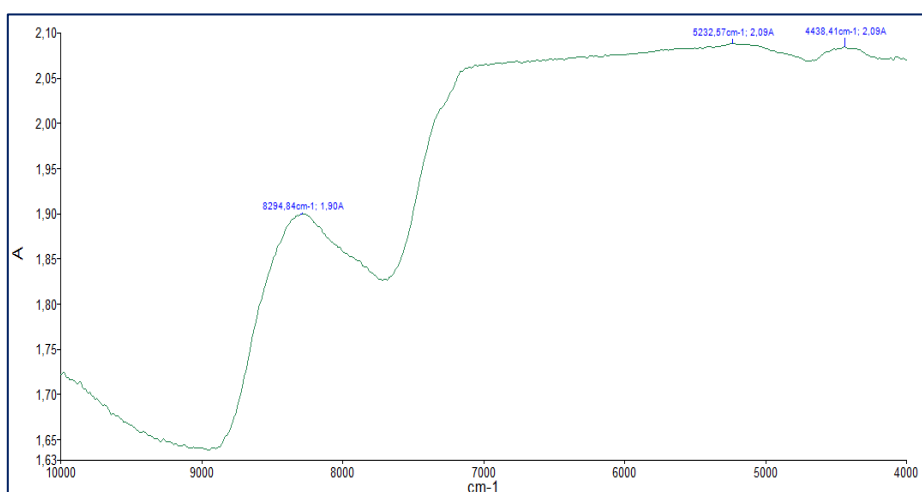


Figura 13. Muestra de miel adulterada al 2% con miel de azúcar invertida

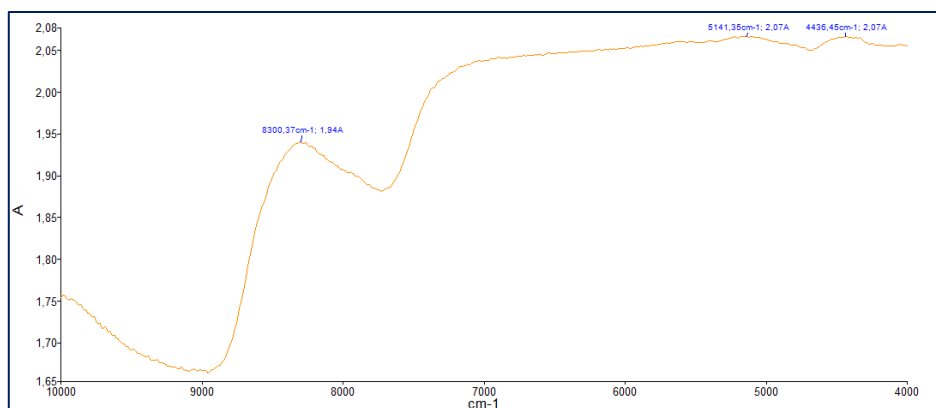


Figura 14. Muestra de miel adulterada al 98% con miel de azúcar invertida

Las mieles genuinas presentan un espectro lineal a partir del 8500 cm^{-1} , mientras que las mieles contaminadas el espectro inicia una variación de las absorbancias que no es lineal (Figura 10), mientras que la azúcar invertida es uniforme con los resultados en cuanto a la contaminación, es decir que los espectros tienen el mismo comportamiento.

Tabla 5

Enlaces relacionados a la energía infrarroja absorbida que presenta la miel en la región NIR.

Muestras	Longitud de onda (cm-1)	Absorbancia (A)	Grupo asociado	Tipo de vibración
Muestra de miel pura sin adulterar	8244	1,99	-CH	Segunda región de sobretono del -CH, semejante a hidrocarburos alifáticos
	5139,51	2,05	-OH	Combinación de bandas de flexión y extensión -OH
	4430,27	2,05	-CH	Absorción de glucosa O-H/C-O de la combinación de estiramiento O-H y C-O
Muestra de miel adulterada al 2% con miel de azúcar de maíz	8295,3	1,87	-CH	Segunda región de sobretono del -OH, semejante al agua
	5199,37	2,07	-OH	Combinación de bandas de flexión y extensión -OH
	4401,63	2,07	-CH	Absorción de glucosa O-H/C-O de la combinación de estiramiento O-H y C-O
Muestra de miel adulterada al 98% con miel de azúcar de maíz	8299,92	1,73	-OH	Segunda región de sobretono del -OH, semejante al agua
	6816,6	2,00	N-H	Primer y segunda región de sobretono, combinación de bandas N-H para amidas primarias.
	5174	2,03	C=O	Región del primer sobretono, estiramiento del C=O, semejante reacción de silicona.

Viene...

Continúa...

Muestras	Longitud de onda (cm ⁻¹)	Absorbancia (A)	Grupo asociado	Tipo de vibración
Muestra de miel adulterada al 2% con miel de azúcar invertida	8294,84	1,9	˘-OH	Segunda región de sobretono del -OH, semejante al agua
	5232,57	2,09		Primera región de sobretono del -OH, semejante al fosfato
	4438,41	2,09		Absorción de glucosa O-H/C-O de la combinación de estiramiento O-H y C-O
Muestra de miel adulterada al 98% con miel de azúcar invertida	8300,37	1,94	˘-OH	Segunda región de sobretono del -OH, semejante al agua
	5141,35	2,07		Primera región de sobre tono; O-H enlace de hidrógeno entre el agua y el alcohol polivinílico expuesto O-H.
	4435,45	2,07		Absorción de glucosa O-H/C-O de la combinación de estiramiento O-H y C-O

Para desarrollar la tabla 5, se procedió a lo descrito por Murray (2004). Los espectros se dividen en tres regiones particularmente es por la presencia de los azúcares predominantes en este caso la glucosa, fructuosa y sacarosa que 8300-5200 y 4300 cm⁻¹, presentan combinaciones y sobretonos intramoleculares como los enlaces carbono-hidrógeno (CH), oxígeno-hidrógeno (OH) y nitrógeno-hidrógeno (NH). Estas características esenciales de sobretonos son transiciones energéticas de las vibraciones, así lo corrobora Osborne *et al.*, (1993) quien indica que los grupos funcionales ocurren simultáneamente cuando las transiciones energéticas son mayores que las vibraciones fundamentales.

3.2. Modelo de predicción del porcentaje de adulteración de las mieles con jarabe de maíz y azúcar invertida (0 a 100%), frente a muestras genuinas.

En las figuras 15 y 16, se presentan los espectros obtenidos a partir de los datos experimentales ya que estos han sufrido la normalización que indica la longitud de la ruta, así como la corrección de línea base tomando la derivada de primer orden y la reducción de ruido. Para este proceso se utilizó el método de Regresión por Mínimos Cuadrados Parciales (PCS1) ya que el algoritmo de esta propiedad analiza individualmente con respecto a los datos espectrales, para ello los valores estadísticos nos indicará mayor acercamiento al modelamiento aplicado bajo la relación señal/ruido.

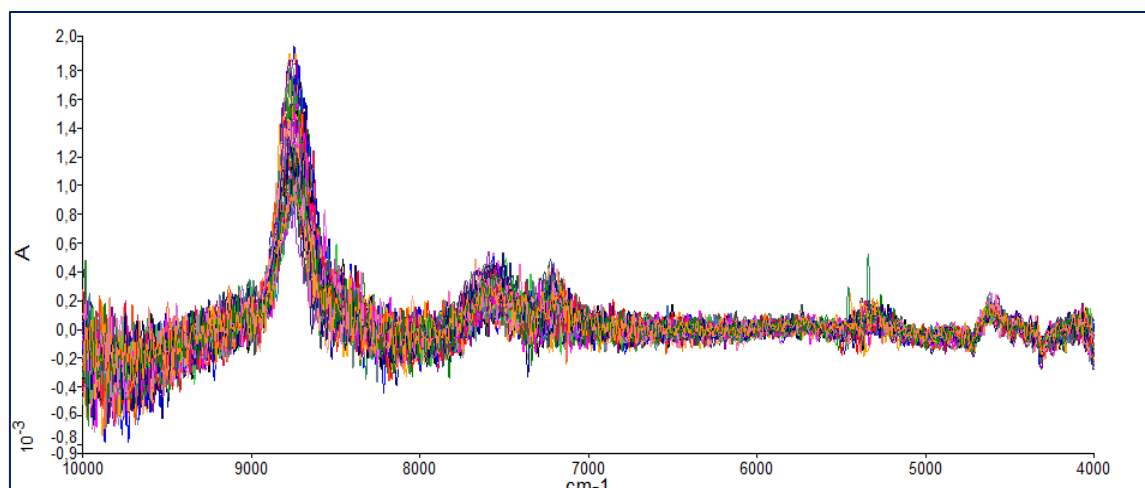


Figura 15. Resumen de los datos experimentales procesados para el programa de miel adulterado con jarabe de maíz.

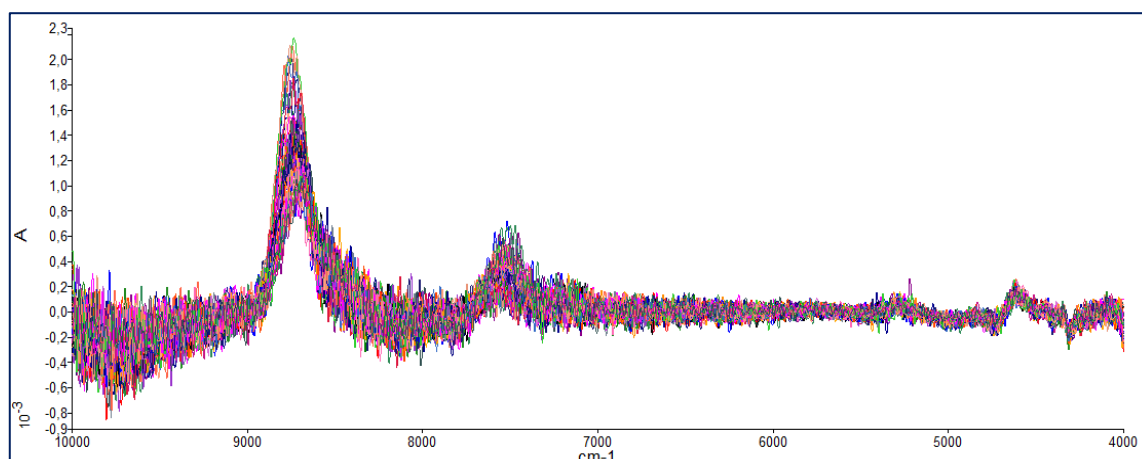


Figura 16. Resumen de los datos experimentales procesados para el programa de miel adulterado con azúcar invertida.

El ruido para el jarabe de maíz abarca desde 0,4 y -0,5 de absorbancia, mientras que para la azúcar invertida va desde 0,4 hasta -0,4.

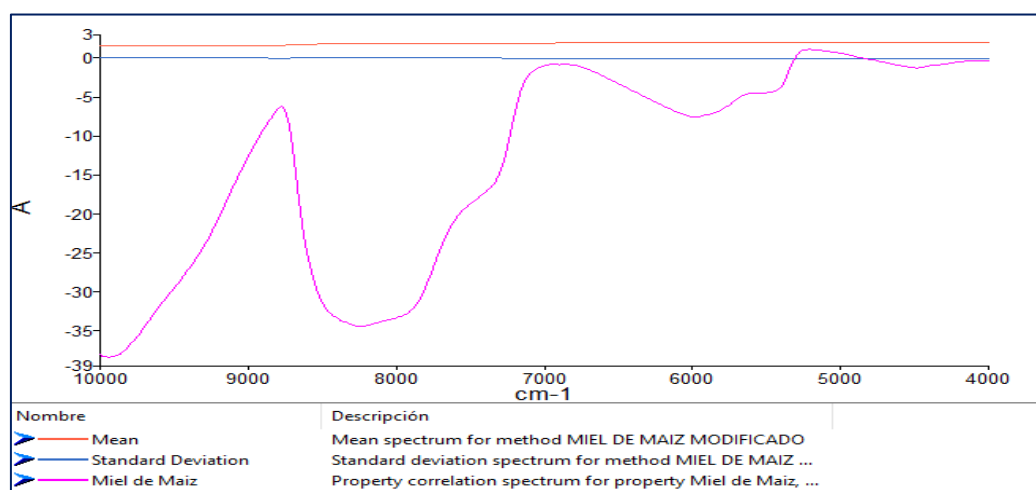


Figura 17. Comportamiento estadístico de las muestras promediadas en el jarabe de maíz.

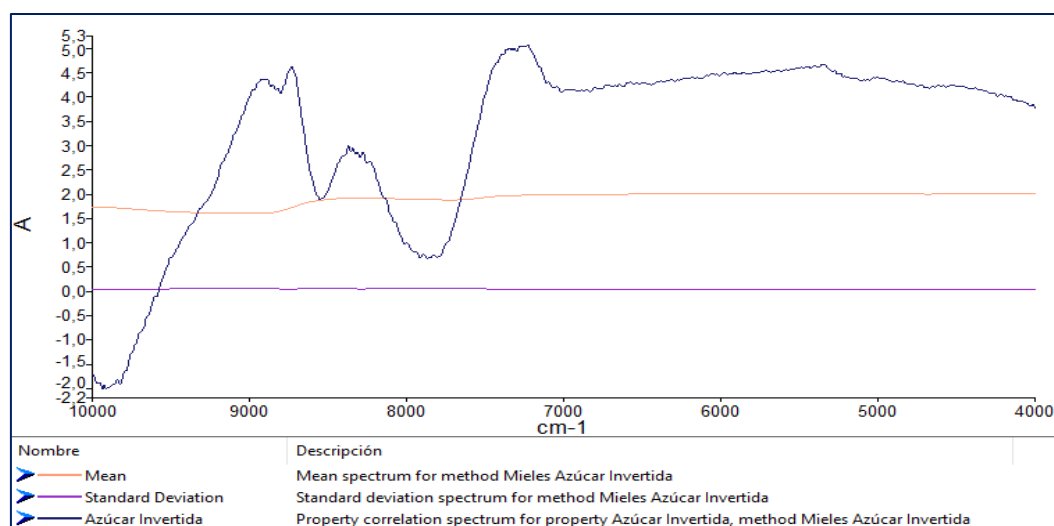


Figura 18. Comportamiento estadístico de las muestras promediadas en azúcar invertida.

El jarabe de maíz presenta datos de absorbancia negativa, esto significa que la intensidad del haz disminuye por su baja concentración es decir de una absorbancia por debajo de cero, mientras que el azúcar invertida por sus características de mayor concentración la intensidad del haz aumenta y la media de los valores calculados se encuentran a razón de 2,3 y 1,75 de absorbancia respectivamente (figura 18), por su parte la desviación estándar está cercana a cero en ambos casos, es decir que ésta más próximo a la media y existe menos variabilidad de los resultados se ve reflejado el valor coeficiente de determinación que se presenta en la tabla 6 y 7 donde el R^2 se encuentra en 99,56% para el jarabe de maíz y 98,02% para la azúcar invertida, esto expresa el grado de ajuste que tienen los modelos con ambos contaminantes.

Tabla 6

Resumen de regresión del jarabe de maíz.

Propiedad	Cantidad de PC	% Varianza (R cuadrado)	Estándar Error de cálculo (SEE)	Error Estándar de Predicción (SEP)	Valor promedio de la propiedad
Miel de Maíz-jarabe de goma	10	99,5666	2,39	2,435	40,42

Tabla 7

Resumen de regresión del azúcar invertido.

Propiedad	Cantidad de PC	% Varianza (R cuadrado)	Estimación Error Estándar (SEE)	Error Estándar de Predicción (SEP)	Valor promedio de la propiedad
Azúcar Invertida	10	98,0246	5,144	5,239	41,69

En la tabla 6 y 7 se presenta la estimación del error estándar de los modelos, Zwillinger (1995) indica que los valores de SEE si es menor refleja una estimación más precisa de la media de la población de datos obtenidos, es decir que los valores de SEE para el jarabe de maíz es más precisa que de azúcar invertida. En la figura 19 y 20, se presentan las gráficas para la determinación del error estándar de predicción (SEP) teniendo en cuenta los componentes principales para cada modelo es decir para jarabe de maíz y azúcar invertida, en ambos casos la elección de los componentes fueron 10 factores que incluyen los coeficientes de correlación.

Kenney and Keeping (1963), indican que los SEP estiman la variación de la muestra con respecto a la media estimada para los valores predictores ya sea para los factores o componentes y generalmente se usa para generar intervalos de confianza para la predicción. Con esta premisa podemos indicar que el valor de predicción es de mayor confianza para el jarabe de maíz, eso no quiere decir que el modelo para la miel de azúcar invertida no sea confiable, por el contrario, los dos modelos tienen una predicción muy alta.

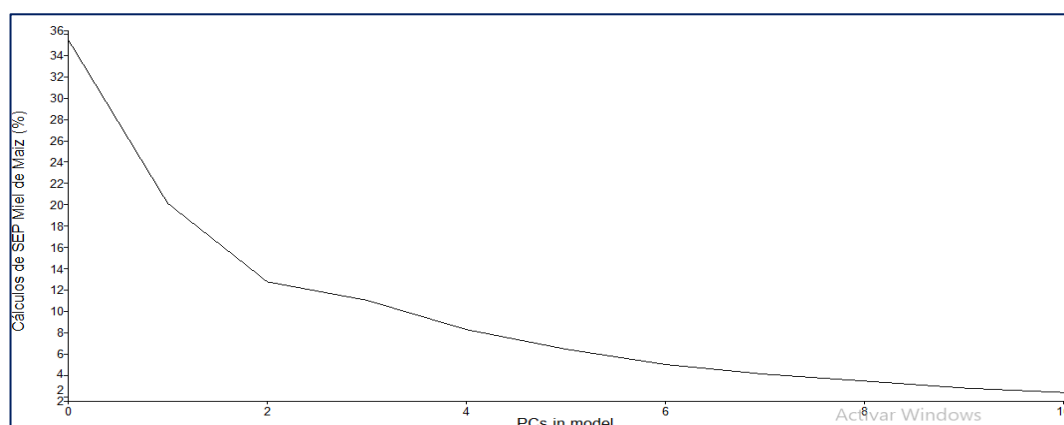


Figura 19. Modelamiento con el error estándar de predicción (SEP) para el jarabe de maíz.

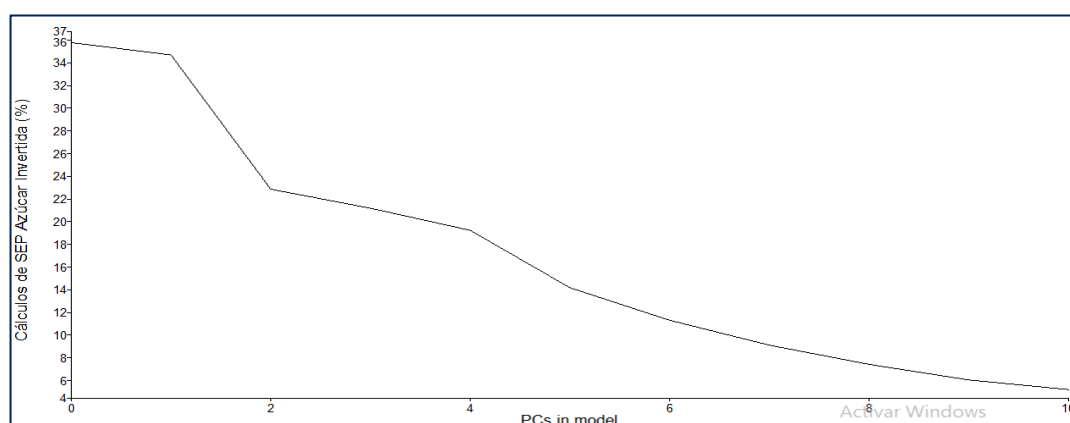


Figura 20. Modelamiento con el error estándar de predicción (SEP) para el azúcar invertido.

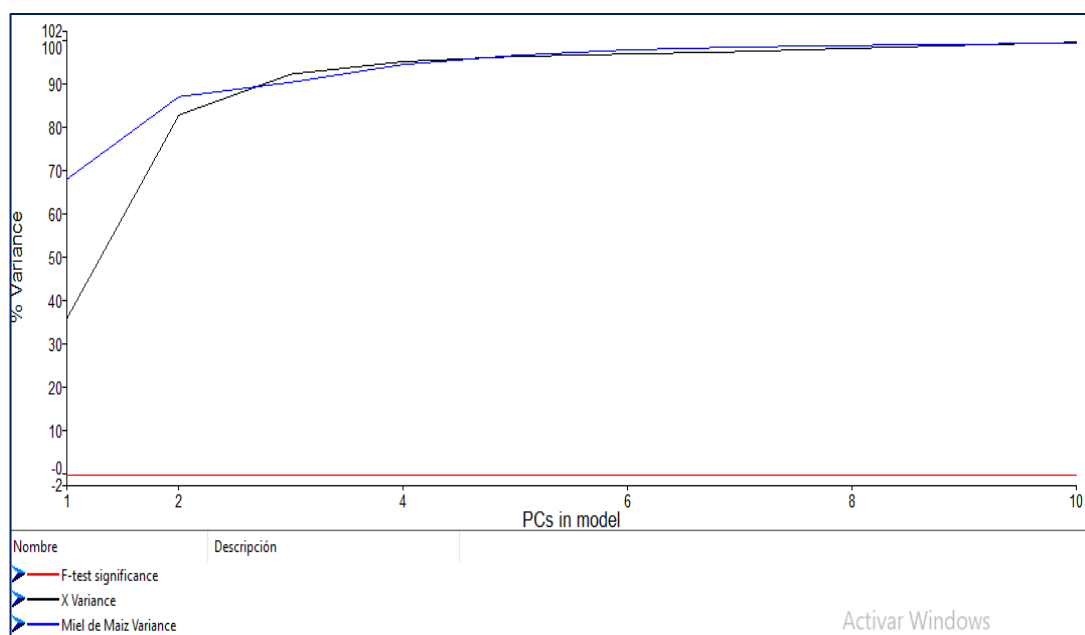


Figura 21. Porcentaje de varianza Vs Componentes Principales para cada modelo en el jarabe de maíz.

Las figuras 22 y 23 presentan los porcentajes de varianza con respecto a los componentes principales para cada modelo, se observa que para la miel de maíz con respecto a la azúcar invertida es mayor de 68 a 10%, esta diferencia se debe a que los datos obtenidos están más dispersos o que los valores son más amplios. Hazewinkel (2001), manifiesta que una mayor varianza indica que los valores tienden a estar agrupados cerca de su media y es lo contrario cuando es menor.

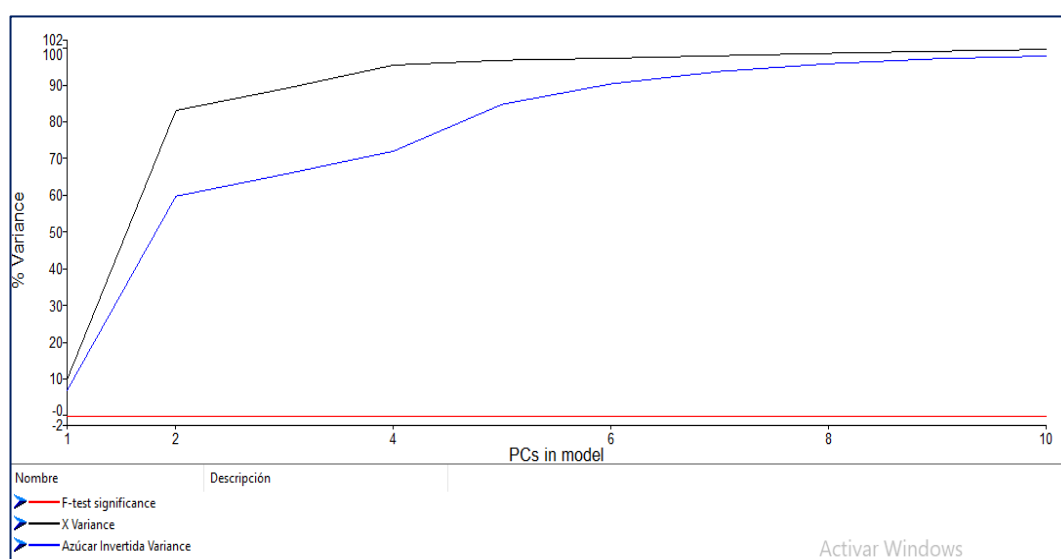


Figura 22. Porcentaje de varianza Vs Componentes Principales para cada modelo en la azúcar invertida.

En las figuras 24 y 25 se presentan valores del error residual para mieles con jarabe de maíz y azúcar invertida y que los puntos por encima de cero corresponden a aquellas de bajo error y baja influencia a comparación con los que están por debajo de cero. Los cuadrantes b y d en ambos modelos de jarabe de maíz y azúcar invertida presentan mayor concentración, y lo contrario para a y c, Uribe (2015), adulteró mieles con antibióticos reportando comportamiento similar a los obtenidos en el presente trabajo.

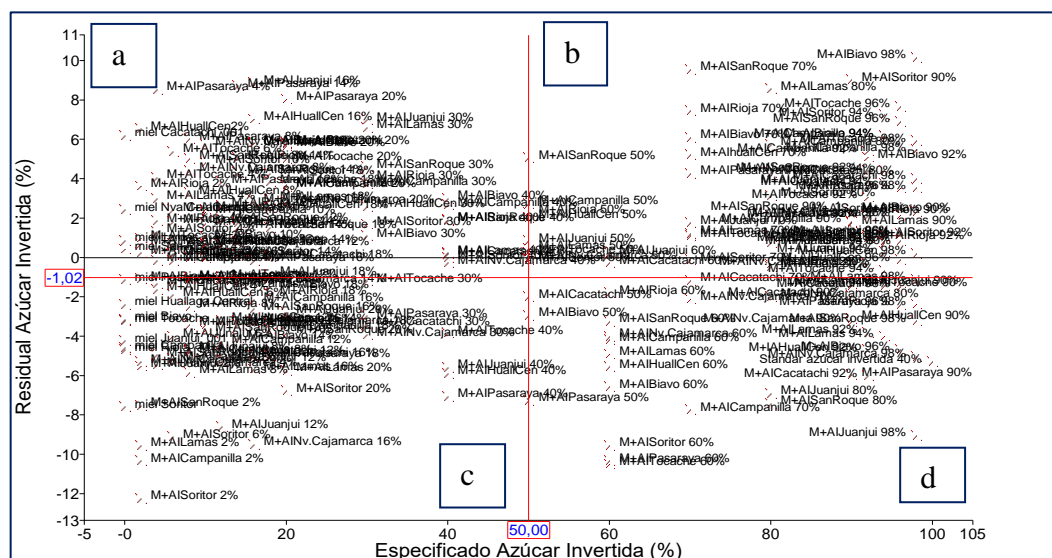


Figura 26. Error residual de la azúcar invertida

Perkin Elmer (2000) indica que, para obtener una predicción adecuada para los modelos planteados, el punto de corte no debe superar el 3 % del error residual. Los resultados presentados en las figuras 26 y 27 se encuentran por debajo de estas líneas brindando un buen ajuste de los modelos, esta información también está reflejada en las figuras 20 y 21 donde estas presentan una buena dispersión de los datos experimentales.

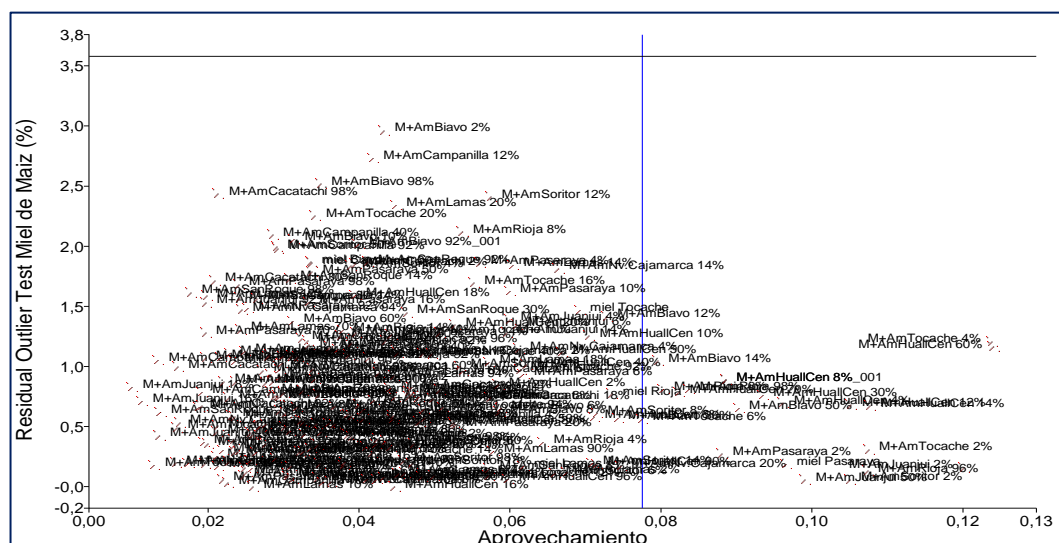


Figura 27. Comportamiento del Error residual atípico del jarabe de maíz

[illegible]

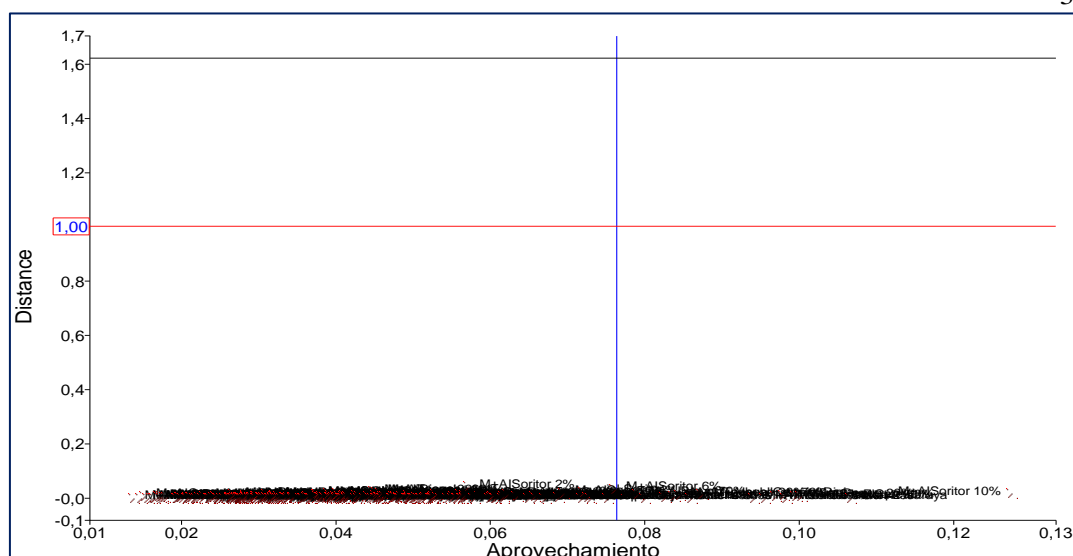


Figura 30. Comportamiento de la distancia de optimización de la azúcar invertida.

3.3. Establecer la autenticidad de miel procedente de 04 pisos ecológicos distribuidos en la región San Martín.

En la figura 31 se observa que la miel original con la azúcar invertida se superpone cerca a los 8400 cm^{-1} es decir que las características son muy similares entre ellos, sin embargo, a los 9000 cm^{-1} se disocian, mientras que el jarabe de maíz presenta un comportamiento espectral diferente.

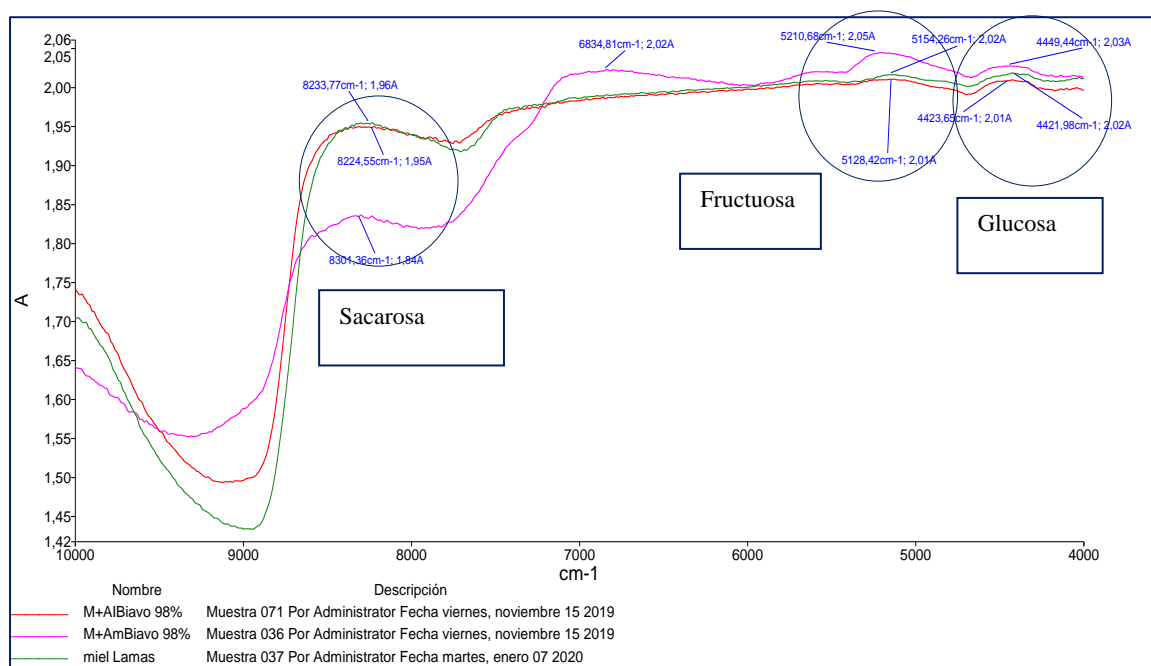


Figura 31. Espectros NIR de muestras de miel de abeja original, azúcar invertida y jarabe de maíz respectivamente.

Tabla 8*Descomposición de la Regresión Mínimos Parciales – PLS en el jarabe de maíz*

Número de PC	Varianza X acumulada	Varianza Y acumulada	SEP Jarabe de Maíz
1	24,292	68,2	20,174
2	55,936	87,261	12,815
3	62,292	90,594	11,082
4	64,237	94,701	8,3373
5	65,033	96,805	6,4984
6	65,413	98,069	5,0615
7	65,785	98,717	4,1514
8	66,295	99,089	3,5111
9	66,784	99,399	2,8534
10*	67,249	99,567	2,4345

Tabla 9*Descomposición de la Regresión Mínimos Parciales – PLS en la azúcar invertida*

Número de PC	Varianza X acumulada	Varianza Y acumulada	SEP Azúcar Invertida
1	9,7672	5,4984	35,042
2	58,483	58,149	23,379
3	63,786	65,431	21,372
4	67,206	72,44	19,185
5	68,052	85,313	14,03
6	68,428	90,961	11,05
7	68,917	94,36	8,7597
8	69,377	96,522	6,9092
9	69,779	97,844	5,4508
10*	70,138	98,517	4,5381

La glucosa se presenta alrededor de 4420 cm^{-1} , fructuosa aproximadamente a 5150 cm^{-1} y la sacarosa a 8230 cm^{-1} , valores próximos a los reportados por Jerry & Lois (2012) quienes afirman que la glucosa se encuentra alrededor de los 4400 cm^{-1} , la fructuosa a 5100 cm^{-1} y sacarosa a 8200 cm^{-1} , esto nos permite diferenciar el comportamiento de las muestras cuya composición fue adulterada agregando azúcar invertida que se descompone por hidrólisis en glucosa y fructuosa por tal motivo hace muy difícil de detectar la adulteración mientras que el jarabe de maíz presenta un espectro muy diferente.

Tabla 10

Análisis basado en datos X centrados en la media y datos Y centrados en la media (Varianza total espectral (X) = 0,011), para el jarabe de maíz.

Número de PC	Valor Eigen	Varianza X acumulada	Cumulative Y-Variance	Valor Eigen reducido	Estadísticas F	Grados de libertad	Nivel de significancia %
1	2,56E-03	24,292	68,2	3,30E-09	40,2	258	0
2	3,34E-03	55,936	87,261	4,32E-09	89,62	257	0
3	6,71E-04	62,292	90,594	8,71E-10	20,96	256	0
4	2,05E-04	64,237	94,701	2,67E-10	6,73	255	1
5	8,41E-05	65,033	96,805	1,10E-10	2,81	254	9,49
6	4,01E-05	65,413	98,069	5,27E-11	1,35	253	24,63
7	3,93E-05	65,785	98,717	5,19E-11	1,33	252	24,96
8	5,39E-05	66,295	99,089	7,14E-11	1,85	251	17,53
9	5,16E-05	66,784	99,399	6,87E-11	1,79	250	18,24
10	4,91E-05	67,249	99,567	6,57E-11	1,72	249	19,1

Tabla 11

Análisis basado en datos X centrados en la media y datos Y centrados en la media (Varianza total espectral (X) = 0,013) para la azúcar invertida.

Número de PC	Valor Eigen	Varianza X acumulada	Cumulative Y-Variance	Valor Eigen reducido	Estadísticas F	Grados de libertad	Nivel de significancia %
1	1,23E-03	9,767	5,498	1,57E-09	13,66	260	0,03
2	6,12E-03	58,483	58,149	7,85E-09	147,55	259	0
3	6,66E-04	63,786	65,431	8,58E-10	18,35	258	0
4	4,30E-04	67,206	72,44	5,55E-10	13,01	257	0,04
5	1,06E-04	68,052	85,313	1,38E-10	3,29	256	7,08
6	4,72E-05	68,428	90,961	6,16E-11	1,47	255	22,58
7	6,15E-05	68,917	94,36	8,05E-11	1,94	254	16,46
8	5,78E-05	69,377	96,522	7,60E-11	1,85	253	17,55
9	5,05E-05	69,779	97,844	6,67E-11	1,63	252	20,31
10	4,51E-05	70,138	98,517	5,98E-11	1,47	251	22,72

Ríos (2012) observó que los jarabes de fructosa, glucosa y sacarosa, presentan espectros con algunas diferencias entre ellos, donde cada azúcar tiene una absorción característica. De acuerdo a la tendencia demostrada por los datos se procedió a calcular la varianza acumulada en X y Y, esto se realizó con la finalidad de reducir el número de variables de acuerdo al porcentaje calculado de la adulteración, se tomaron los datos

mayores a 1 para obtener una buena selección, esto permitió obtener cerca del 99,6 % de la varianza acumulada en Y. Esto se representa en las tablas 15, 16.

Tabla 12

Número de LV utilizados para el modelo completo, para el jarabe de maíz

LV Number	Correl. of Prop vs LV	Coefficiente de regresión	Error Estándar de R.C.	Valor T	Nivel de significancia %
1	0,8258	473,1	2,3899	197,95	0
2	0,4366	250,1	2,3899	104,65	0
3	0,1826	104,6	2,3899	43,76	0
4	0,2026	116,1	2,3899	48,57	0
5	0,1451	83,1	2,3899	34,77	0
6	0,1124	64,4	2,3899	26,95	0
7	0,0805	46,11	2,3899	19,3	0
8	0,061	34,97	2,3899	14,63	0
9	0,0557	31,89	2,3899	13,35	0
10	0,0409	23,44	2,3899	9,81	0

Tabla 13

Número de LV utilizados para el modelo completo, para azúcar invertida

LV Number	Correl. of Prop vs LV	Coefficiente de regresión	Error Estándar de R.C.	Valor T	Nivel de significancia %
1	0,2345	136	4,4587	30,51	0
2	0,7256	420,9	4,4587	94,4	0
3	0,2698	156,5	4,4587	35,11	0
4	0,2647	153,6	4,4587	34,44	0
5	0,3588	208,1	4,4587	46,68	0
6	0,2377	137,9	4,4587	30,92	0
7	0,1844	106,9	4,4587	23,99	0
8	0,147	85,28	4,4587	19,13	0
9	0,115	66,68	4,4587	14,96	0
10	0,082	47,59	4,4587	10,67	0

En la tabla 12 y 13 los valores de los niveles (LV) del coeficiente de regresión, error estándar, valor T y nivel de significancia. El valor T para el jarabe de maíz, en algunos

casos representan valores altos, esto significa que la evidencia de los datos experimentales obtenidos frente al error experimental esta más cercana a la aplicación de los modelos tratados, mientras que en la azúcar invertida es menor. Lo contrario sucede con el error experimental, es decir que la estimación obtenida en este modelo es mayor que el jarabe de maíz.

En la tabla 14, se observan que los resultados presentan un grado de ajuste muy satisfactorio para predecir los valores de los dos adulterantes (Jarabe de maíz y azúcar invertida), con valores de $R^2 = 99,57$ y $98,02$ % respectivamente, el modelo PLS presenta un ajuste ideal al comparar contaminantes con el jarabe de maíz y azúcar invertida.

Tabla 14

Parámetros estimados para los adulterantes, jarabe de maíz y azúcar invertida utilizando el método de calibración PLS.

Porcentaje de adulteración (%)	Jarabe de maíz	Azúcar invertida
	$R^2=99,5666$	$R^2=98,0246$
	10 factores	10 factores
2	2,15	2,2
4	4,31	4,62
6	6,32	6,54
8	8,39	8,95
10	10,21	10,35
12	12,1	12,16
14	14,18	14,29
16	16,14	16,3
18	18,26	18,75
20	20,35	20,4
30	30,31	30,38
40	40,11	40,19
50	50,18	50,25
60	60,08	60,25
70	70,54	70,64
80	80,55	80,74
90	90,57	90,71
92	92,42	92,68
94	94,25	94,38
96	96,42	96,53
98	98,16	98,39

Tabla 15*Regresión Lineal Múltiple MLR (completa) para el jarabe de maíz*

Parámetro	Valor
Error estándar de predicción: Cálculo	2,435
Correlación múltiple	0,9978
Valor promedio de la propiedad	40,42
% Varianza (R cuadrado)	99,5666
Error Estándar de cálculo (SEE)	2,39
Valor F	5721

Tabla 16*Regresión Lineal Múltiple MLR (completa) para el jarabe de maíz*

Parámetro	Valor
Error Estándar de predicción: Cálculo	4,538
Correlación múltiple	0,9926
Valor promedio de la propiedad	41,95
% Varianza (R cuadrado)	98,5169
Error Estándar de cálculo (SEE)	4,459
Valor F	1667

La regresión lineal en ambos modelos presenta coeficientes de determinación cercanos a 1 y bajos errores de cálculo (SEE) y de error de predicción SEP, es importante indicar que la técnica de espectrometría es capaz de predecir la contaminación o adulteración de mieles a partir de jarabe de maíz y azúcar invertida.

3.4. Concentraciones de azúcares y la viscosidad predominante en los 04 pisos ecológicos.

En la tabla 17, se presenta las medias de la concentración de azúcares de mieles en las diferentes localidades, la fructuosa presenta una media de 29,63% la glucosa de 31.90% y la sacarosa de 1,69%, todas presentan una diferencia estadística ($P < 0,01$), estadísticamente

las localidades de Rioja y Nueva Cajamarca se diferencian de las demás en el contenido de glucosa, igual que las de Campanilla, Cacatachi y Huallaga son iguales entre sí estadísticamente obteniendo la menor media (30,52%).

Mientras que la fructuosa en la localidad de Rioja (32,15%) sobresale entre todos los tratamientos, la media en este componente alcanza un porcentaje de 31,90% y finalmente la sacarosa presenta una media de 1,69% en todos los tratamientos, los que destacan son las localidades de Cacatachi, Juanjui, Campanilla y el Huallaga alcanzando una media entre ellas de 1,93%.

En la figura 32 se presentan los ecosistemas donde se recolectaron las muestras, el Alto Mayo presenta una media superior de 30,97% sobre los demás con respecto a la fructuosa y estadísticamente existe diferencia significativa ($P > 0,01$). La glucosa presenta una media de 31,73% mientras que la sacarosa 1,71% ambos presentan una diferencia estadística significativa ($P < 0,01$).

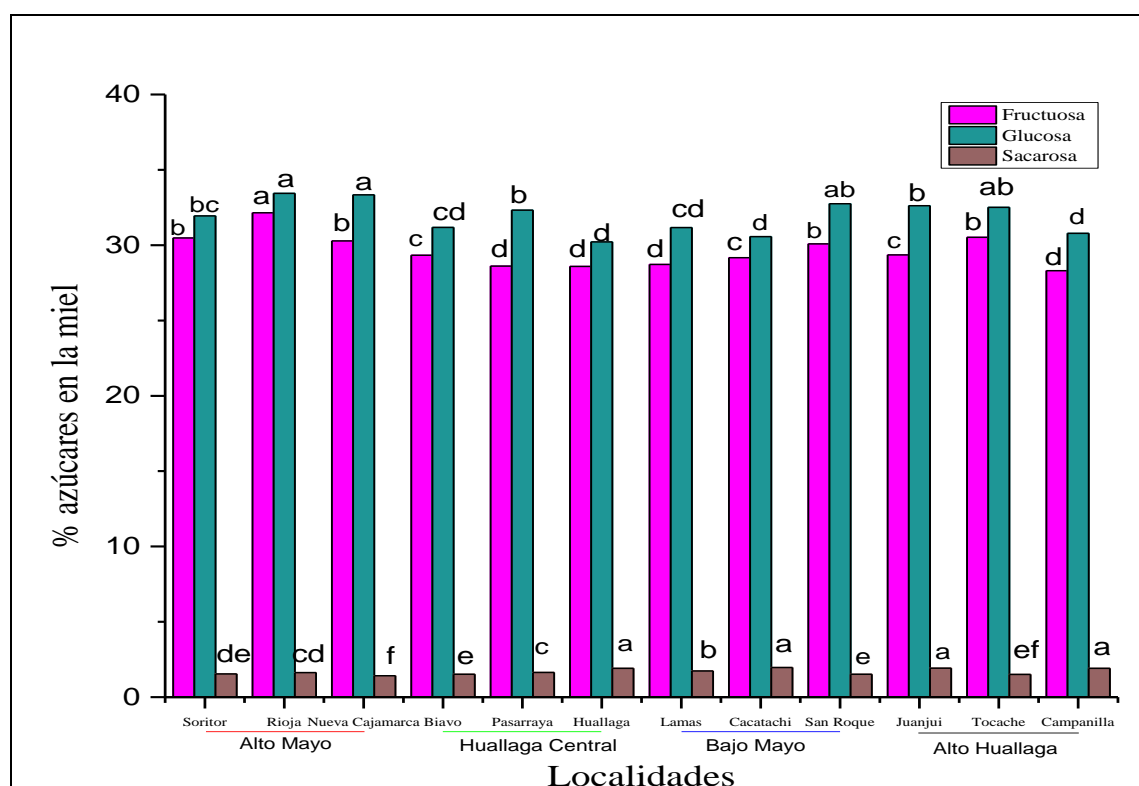


Figura 32. Porcentaje de azúcares en la miel por localidad.

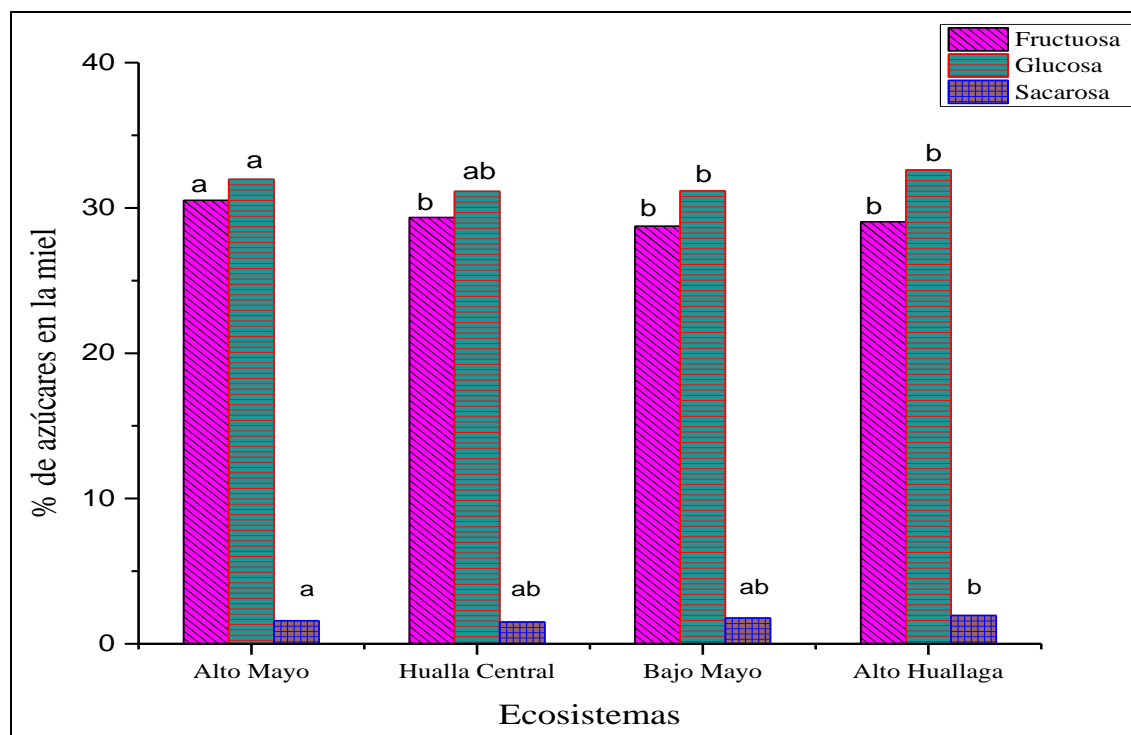


Figura 33. Porcentaje de azúcares en las mieles por ecosistemas

Tabla 17

Concentración de azúcares obtenidos mediante HPLC de las muestras genuinas por localidades.

Pisos ecológicos	Localidad	Fructuosa	Glucosa	Sacarosa
		Promedio (%)	Promedio (%)	Promedio (%)
Alto Mayo	Soritor	30,48±0,04	31,94±0,04	1,54±0,05
	Rioja	32,15±0,05	33,44±0,03	1,63±0,02
	Nueva Cajamarca	30,28±0,03	33,34±0,03	1,42±0,03
Huallaga Central	Biavo	29,33±0,02	31,18±0,04	1,52±0,02
	Pasarraya	28,61±0,15	32,32±0,02	1,64±0,03
	Huallaga	28,59±0,03	30,22±0,04	1,90±0,04
Bajo Mayo	Lamas	28,72±0,02	31,17±0,02	1,74±0,04
	Cacatachi	29,17±0,03	30,57±0,03	1,97±0,04
	San Roque	30,09±0,06	32,75±1,18	1,52±0,03
Alto Huallaga	Juanjui	29,35±0,48	32,62±0,03	1,92±0,03
	Tocache	30,52±0,02	32,51±0,03	1,51±0,02
	Campanilla	28,31±0,03	30,78±0,07	1,91±0,03

Este comportamiento heterogéneo de contenido de azúcares en las mieles se debe principalmente a las condiciones abióticas y bióticas, además depende de otros factores como la raza de abejas, estado fisiológico, (Zegarra, 2006), métodos de recolección y posibles adulteraciones (Correa, 2015).

Piana *et al.*, (1988) indican que la sacarosa alcanza el 3%, la fructuosa varía de 30,31 a 32,24% y la glucosa entre el 32,07 y 33,35% y como azúcar invertido 64%, sin embargo en el presente estudio se alcanzó una media de 61.14% que es menor (65%) a lo expresado por la Norma Técnica Peruana (NTP-209.168, 1999), también resultan menores los valores obtenidos si comparamos con lo referenciado por White (1975) quien obtuvo contenido de azúcares reductores en el rango de 68,38-78,02%, y sacarosa de 0,66 a 3,18%.

Tabla 18

Concentración de azúcares obtenidos mediante HPLC de muestras genuinas por Ecosistema.

Pisos ecológicos	Fructuosa	Glucosa	Sacarosa
	Promedio (%)	Promedio (%)	Promedio (%)
Alto Mayo	30,52±0,04	31,97±0,03	1,59±0,03
Hualla Central	29,34±0,07	31,14±0,03	1,51±0,03
Bajo Mayo	28,74±0,03	31,18±0,41	1,78±0,04
Alto Huallaga	29,05±0,18	32,62±0,04	1,95±0,02

Tabla 19

Valores de viscosidad y agrupamiento de Tukey para las localidades y ecosistemas de procedencia de mieles.

Localidad	Viscosidad Pa. s	Agrupación de Tukey	Ecosistema	Viscosidad Pa.s	Agrupación de Tukey
	Promedio (%)			Promedio (%)	
Soritor	3,01±0,04	b	Alto Mayo	2,71±0,01	A
Rioja	3,15±0,07	a	Hualla Central	1,72±0,01	C
Nueva Cajamarca	1,97±0,06	f	Bajo Mayo	1,55±0,02	B
Biavo	1,75±0,08	i	Alto Huallaga	2,26±0,01	a
Pasarraya	1,56±0,07	j			
Huallaga	1,86±0,09	g			
Lamas	1,25±0,08	k			
Cacatachi	1,57±0,05	j			
San Roque	1,82±0,09	h			
Juanjui	2,24±0,08	d			
Tocache	2,47±0,04	c			
Campanilla	2,08±0,08	e			

En la tabla 19 se presentan los valores de la viscosidad de las mieles en las localidades y ecosistemas, refleja la viscosidad una media de 2,06 Pa.s, los valores se encuentran en un rango de 3,15 a 1,25 Pa.s, e indica una diferencia altamente significativa ($P < 0,01$), es decir

como las condiciones de cada ecosistema son diferentes principalmente por la flora propia de cada uno de ellos. Respeto a las muestras analizadas podemos indicar que algunas podrían cristalizarse e inclusive se debe prevenir su agotamiento, como lo indica Payne (1978), menciona que las mieles viscosas tienden afectar su agotamiento y por lo tanto su eficiencia debilitando la calidad de la miel, y es uno de los principales factores de cristalización por lo que su viscosidad en lo posible debe ser mínima. Riera, (2010) aplicó modelos matemáticos para la determinación de viscosidad de mieles obteniendo valores para viscosidad de miel entre 0,6 a 2,4 Pa.s.

CONCLUSIONES

En los espectros obtenidos para la miel de abeja se presentaron tres regiones particularmente por la presencia de los azúcares predominantes como la glucosa, fructuosa y sacarosa que corresponden a longitudes de onda entre 8300-5200 y 4300 cm^{-1} , las muestras presentaron combinaciones y sobretonos intramoleculares como los enlaces carbono-hidrógeno (CH), oxígeno-hidrógeno (OH) y nitrógeno-hidrógeno (NH).

La regresión lineal en ambos modelos presenta coeficientes de determinación cercanos a 1 (0,9956 y 0,9851) y bajos errores de cálculo (SEE) y de error de predicción SEP, es importante indicar que la técnica de espectrometría es capaz de predecir la contaminación o adulteración de mieles con jarabe de maíz y azúcar invertida. El jarabe de maíz presenta datos de absorbancia negativa, mientras que la azúcar invertida a su característica es más viscosa aumenta la intensidad del haz de radiación encontrándose la media de los valores calculados a razón de 2,3 y 1,75 de absorbancia.

La glucosa se presenta alrededor de 4420 cm^{-1} , fructuosa aproximadamente a 5150 cm^{-1} y la sacarosa a 8230 cm^{-1} , de acuerdo a la tendencia demostrada por los datos se procedió a calcular la varianza acumulada en X y Y, esto se realizó con la finalidad de reducir el número de variables de acuerdo al porcentaje calculado de la adulteración, se tomaron los datos mayores a 1 para obtener una buena selección, esto permitió obtener cerca del 99,6 % de la varianza acumulada en Y.

Los valores promedio para la concentración de azúcares en mieles provenientes de las diferentes localidades consideradas alcanzó los valores siguientes: fructosa, 29,63%; glucosa, 31,90% y sacarosa, 1,69%, existiendo diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,01$).

RECOMENDACIONES

- Siguiendo la metodología de este trabajo se podría considerar con otros adulterantes a fin de enriquecer el programa cuantitativo.
- Realizar estudios similares con otras muestras que son comercialmente contaminadas o adulteradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

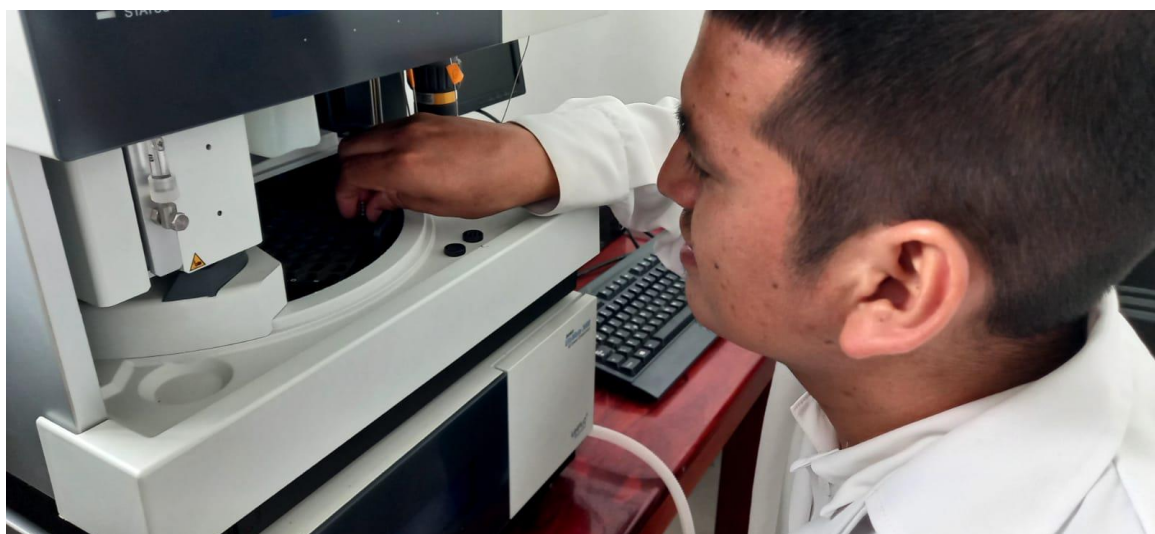
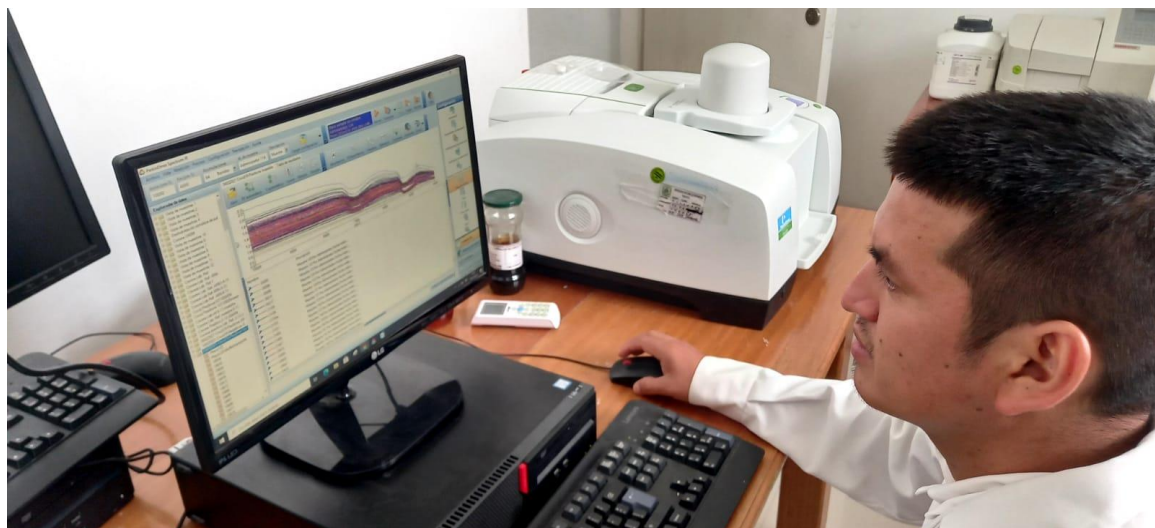
- Alomar, D. (1998). Fundamentos de la Espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) como metodo de análisis para forrages. *Agro Sur*, 88-104.
- Bogdanov S. (2003). Current status of analytical methods for the detection of residues in bee products. *Apiacta*; 38: 190-193
- Burns, D.A. y Ciurczak, E.W., 2001. Handbook of near-infrared analysis. MarcelDekker, Inc.
- Correa, A. 2015. Evaluación de indicadores de deterioro de miel de diferentes especies de abejas. Tesis Mg. Sc. Colombia, Universidad Nacional de Colombia. 140p.
- Cozzolino, D., Fassio, A., & Fernández, E. (2003). Uso de la Espectroscopía de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano para el análisis de calidad de ensilaje de Maíz. *Agricultura Técnica*, 387393.
- Cozzolino, D; Murray, I. 2006. Effect of sample presentation and animal muscle species on the analysis of meat by near infrared reflectance spectroscopy (en línea). *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 10, 37–44.
- Cozzolino, D; Murray, I; Paterson, R. 1996. Visible and near infrared reflectance spectroscopy for the determination of moisture, fat and protein in chicken breast and thigh muscle. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 4, 213–223 (1996).
- Estela Ruiz, E., B., (2019). Influencia de un bactericida en el rendimiento de sacarosa en la producción de panela granulada en la empresa Agroindustrias Horizonte verde S.A.C. Tesis de pregrado. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
- Francis P.J., Wills B.J., 1999, Introduction to Principal Components Analysis, ASP Conference Series, 162, 363
- García N. (2003). Contaminación de la miel con alimentos artificiales, Dirección nacional de Alimentos, MERCOSUR.
- González, M., Vivar, A., Revilla, M., (2016). Detección de la presencia del fungicida triadimefon en propóleos mediante espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIR). Martinez-Martinez F. (Director). *Ars Pharmaceutica*. Universidad de Granada, España.

- Guillén Cueto, L. (2017). *Aplicación de la técnica NIRS para la autenticación de mieles adulteradas*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Cádiz. España.
- Guzmán, J. L., Garrido, A., Gómez-Cabrera, A., Guerrero, J. E., & Murray, I. (1996). Use of NIRS to estimate the improvement in digestibility after ammonia treatment of cereal straws. *Animal feed science and technology*, 57(1-2), 149-157.
- Hazewinkel, Michiel, ed. (2001), «Quadratic deviation», *Encyclopaedia of Mathematics*, Springer, ISBN 978-1556080104.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Perú). (1999). Miel: Definiciones, requisitos y rotulado. NTP 209.168. Lima, Perú. 8 p.
- Jandrić, Z., Haughey, S. A., Frew, R. D., McComb, K., Galvin-King, P., Elliott, C. T., & Cannavan, A. (2015). Discrimination of honey of different floral origins by a combination of various chemical parameters. *Food chemistry*, 189, 52-59.
- Jerry, J., & Lois, W. (2012). Practical Guide and Spectral Atlas for Interpretive Near Infrared Spectroscopy. 2da Edición. New York, USA.
- Kays, S; Barton, F; Windham, W. 2000. Predicting protein content by near infrared reflectance spectroscopy in diverse cereal food products. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 8, 35–43 (2000).
- Kenney, J. and Keeping, E.S. (1963) *Mathematics of Statistics*, van Nostrand, p. 187
- Kus, P. M.; Van Ruth, S. (2015). Discrimination of Polish unifloral honeys using overall PTR-MS and HPLC fingerprints combined with chemometrics. *LWT-Food Science and Technology*, 62 (1), 69-75.
- Lang, J., McNitt L., PerkinElmer, Inc., Shelton, CT, (2015). Detection of Honey Adulteration Using FT-NIR Spectroscopy. Application note Perkin Elmer.
- Latorre, C. H., Crecente, R. P., Martín, S. G., & García, J. B. (2013). A fast chemometric procedure based on NIR data for authentication of honey with protected geographical indication. *Food chemistry*, 141(4), 3559-3565.
- Lucio JR. (2012). Aplicación de Métodos Quimiométricos para la Caracterización y Control de Calidad de Plantas Medicinales. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Murray, I., 2004. Scattered information: philosophy and practice of near infrared spectroscopy. Proceedings of the 11th International Conference on Near Infrared spectroscopy. NIR Publications 2.
- NTP (Norma Técnica Peruana 209.168). 1999. Miel: Definiciones, requisitos y rotulado. 2da edición. Elaborado por la comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales (CRT) del Instituto Nacional de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Aprobado en 1999 –oct-20. Lima: INDECOPI- CRT. 13p.
- Osborne, B. G.; Fearn, T.; Hindle, P. H. (1993). Practical Near Infrared Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis; Longman Scientific & Technical: Harlow, U.K., (1993); 28-33.
- Panduro Soto, K. V. (2018). *Estudio de las propiedades físico químicas del grano seco y reológicas del licor de cacao, en tres clones, CCN51, ICS95 y ICS39, (Theobroma cacao L.)*. Tesis de pre grado. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto, Perú.
- Perkin Elmer. Manual Quant.doc. (2000).
- Riera, G.; Méndez, O.; (200) “Modelos matemáticos para calcular la viscosidad efectiva y su aplicación en el diseño y evaluación de redes de tuberías”. Taller sobre herramientas de cálculo para Ingeniería en Alimentos. Puebla.
- Ríos Corripio, M. (2012). *Quimiometría en miel de abeja para la determinación de azúcares y detección de adulteración utilizando espectroscopia infrarroja* (Doctoral dissertation). Instituto Politécnico Nacional Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada. Tepetitla, Mexico.
- Rodríguez, D. (2016). *Identificación de la huella digital para miel de abejas con origen en zonas cafeteras de Colombia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Bogotá).
- Roggo, Y; Duponchel, L; Noe, B; Huevenne, J.P. 2002. Sucrose content determination of sugar beets by near infrared reflectance spectroscopy. Comparison of calibration methods and calibration transfer. Journal of Near Infrared Spectroscopy 10, 137–150 (2002).
- Saliba, E., Montijo, M., Rodríguez, N., Miranda, L., & Obeid, J. (2003). Predicção da Composição química do sorgo pela técnica de espectroscopia de reflectancia no infravermelho proximo. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia, 357-360.

- Soria, A.C.; González, M.; de Lorenzo, C.; Castro-Martínez, I.; Sanz, J.; (2004). *Food Chem.* 85, 121.
- Stark, E., Luchter, K., 2004. Diversity in NIR instrumentation. Proceedings of the 11th International Conference on Near Infrared spectroscopy. NIR Publications 13.
- Ureña Varela, M., Arrieta Bolaños, E., Umaña, E., Zamora, L. G., & Arias Echandi, M. L. (2007). Evaluación de la posible adulteración de mieles de abeja comerciales de origen costarricense al compararlas con mieles artesanales provenientes de apiarios específicos. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 57(1), 63-69.
- Uribe Hernández, K., (2015). Desarrollo de modelos quimiométricos mediante espectroscopia FTIR-MIR y NIR para la detección de residuos de antibióticos en miel de abeja.
- Vásquez, D., Abadía, B., & Arreaza, L. (2004). Aplicación de la espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) para la caracterización nutricional del pasto Guinea y del grano del maíz. CORPOICA, 49-55.
- Wang, J.; Li, Q.; (2011). En *Chemical Composition, Characterization, and Differentiation of Honey Botanical and Geographical Origin*; Taylor, S. L., eds.; *Adv. Food Nutr. Res.* cap. 3.
- Zegarra, E. 2006. Influencia del tratamiento térmico en los parámetros de calidad de la miel de la zona de Íllimo-Departamento de Lambayeque. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae.
- Zwillinger D. (1995). *Standard Mathematical Tables and Formulae*, Chapman&Hall/CRC. ISBN 0-8493-2479-3 p. 626.

ANEXOS

Anexo A.**Procesamiento de muestras en Laboratorio**

Anexo B.

Datos calculados a partir de la MLR del modelo reducido de la propiedad
Azúcar Invertida

Estándares	Aprovechamiento	Real	Valor calculado	%Residual	Residual
M+AIBiavo 2%	0,04438	2	3,059	-52,93	-1,059
M+AIBiavo 4%	0,04617	4	3,532	11,71	0,4684
M+AIBiavo 8%	0,04864	8	7,983	0,2123	0,01698
M+AIBiavo 10%	0,0469	10	8,939	10,61	1,061
M+AIBiavo 12%	0,0278	12	13,13	-9,384	-1,126
M+AIBiavo 14%	0,02035	14	18,05	-28,92	-4,048
M+AIBiavo 16%	0,01975	16	19,23	-20,19	-3,23
M+AIBiavo 18%	0,03489	18	19,47	-8,155	-1,468
M+AIBiavo 20%	0,0272	20	14,29	28,53	5,706
M+AIBiavo 30%	0,0498	30	28,87	3,753	1,126
M+AIBiavo 40%	0,04791	40	36,98	7,545	3,018
M+AIBiavo 50%	0,04173	50	52,91	-5,815	-2,907
M+AIBiavo 60%	0,0362	60	66,54	-10,91	-6,544
M+AIBiavo 70%	0,07528	70	63,88	8,749	6,124
M+AIBiavo 80%	0,06117	80	80,32	-0,3954	-0,3163
M+AIBiavo 90%	0,03875	90	87,55	2,722	2,45
M+AIBiavo 92%	0,04044	92	86,87	5,572	5,126
M+AIBiavo 94%	0,04558	94	87,8	6,594	6,199
M+AIBiavo 96%	0,04399	96	100,6	-4,831	-4,638
M+AIBiavo 98%	0,04149	98	87,81	10,4	10,19
M+AIBiavo6%	0,03205	6	4,169	30,51	1,831
M+AICacatachi 2%	0,09448	2	1,744	12,8	0,2561
M+AICacatachi 4%	0,04457	4	5,295	-32,38	-1,295
M+AICacatachi 6%	0,01369	6	5,814	3,105	0,1863
M+AICacatachi 8%	0,03062	8	9,01	-12,63	-1,01
M+AICacatachi 10%	0,01894	10	8,265	17,35	1,735
M+AICacatachi 12%	0,01436	12	16,84	-40,32	-4,839
M+AICacatachi 16%	0,02687	16	20,95	-30,95	-4,952
M+AICacatachi 18%	0,01688	18	17,94	0,3407	0,06132
M+AICacatachi 20%	0,04471	20	14,15	29,26	5,851
M+AICacatachi 30%	0,03761	30	33,34	-11,13	-3,34
M+AICacatachi 40%	0,03768	40	39,8	0,4907	0,1963
M+AICacatachi 50%	0,05687	50	51,98	-3,954	-1,977
M+AICacatachi 60%	0,03305	60	60,24	-0,3921	-0,2353
M+AICacatachi 70%	0,06225	70	71,15	-1,638	-1,146
M+AICacatachi 80%	0,02258	80	75,69	5,389	4,311
M+AICacatachi 90%	0,02148	90	91,89	-2,1	-1,89
M+AICacatachi 92%	0,03255	92	97,99	-6,51	-5,989
M+AICacatachi 94%	0,03076	94	90,24	4,002	3,762
M+AICacatachi 96%	0,05786	96	97,46	-1,517	-1,456
M+AICacatachi 98%	0,03063	98	93,95	4,128	4,046
M+AICampanilla 2%	0,0115	2	12,31	-515,7	-10,31

M+AICampanilla 4%	0,01001	4	4,115	-2,881	-0,1153
M+AICampanilla 6%	0,05134	6	3,565	40,59	2,435
M+AICampanilla 8%	0,03481	8	12,78	-59,73	-4,778
M+AICampanilla 10%	0,01571	10	7,675	23,25	2,325
M+AICampanilla 12%	0,04196	12	16,27	-35,58	-4,27
M+AICampanilla 14%	0,06507	14	17,21	-22,9	-3,206
M+AICampanilla 16%	0,02291	16	18,12	-13,26	-2,121
M+AICampanilla 18%	0,01822	18	21,58	-19,88	-3,578
M+AICampanilla 20%	0,02095	20	16,36	18,19	3,637
M+AICampanilla 30%	0,02178	30	26,23	12,57	3,77
M+AICampanilla 40%	0,01792	40	37,3	6,748	2,699
M+AICampanilla 50%	0,01235	50	47,24	5,516	2,758
M+AICampanilla 60%	0,02384	60	64,18	-6,96	-4,176
M+AICampanilla 70%	0,02594	70	77,72	-11,02	-7,716
M+AICampanilla 80%	0,02242	80	74,23	7,216	5,773
M+AICampanilla 90%	0,02676	90	88,14	2,063	1,857
M+AICampanilla 92%	0,01404	92	86,58	5,894	5,423
M+AICampanilla 94%	0,01864	94	87,8	6,593	6,198
M+AICampanilla 96%	0,02401	96	95,12	0,9149	0,8783
M+AICampanilla 98%	0,02508	98	92,51	5,598	5,486
M+AIHualCen 4%	0,03627	4	5,609	-40,21	-1,609
M+AIHualCen 6%	0,02765	6	7,873	-31,21	-1,873
M+AIHualCen 8%	0,03412	8	4,698	41,27	3,302
M+AIHualCen 10%	0,02534	10	9,296	7,037	0,7037
M+AIHualCen 12%	0,02258	12	15,17	-26,42	-3,17
M+AIHualCen 14%	0,06799	14	13,18	5,881	0,8233
M+AIHualCen 16%	0,03736	16	8,959	44	7,041
M+AIHualCen 18%	0,03281	18	15,43	14,26	2,568
M+AIHualCen 20%	0,02654	20	16,29	18,53	3,706
M+AIHualCen 30%	0,0489	30	27,39	8,714	2,614
M+AIHualCen 40%	0,04232	40	45,87	-14,67	-5,867
M+AIHualCen 50%	0,04071	50	47,95	4,099	2,05
M+AIHualCen 60%	0,05649	60	65,53	-9,214	-5,528
M+AIHualCen 70%	0,08365	70	64,76	7,483	5,238

M+AIHualCen 80%	0,05074	80	78,92	1,352	1,082
M+AIHualCen 90%	0,09644	90	93,07	-3,416	-3,075
M+AIHualCen 94%	0,05679	94	93,24	0,8108	0,7621
M+AIHualCen 96%	0,05413	96	96,09	-0,09893	-0,09497
M+AIHualCen 98%	0,0371	98	97,76	0,24	0,2352
M+AIHualCen2%	0,05847	2	-4,549	327,5	6,549
M+AIJuanjui 2%	0,02367	2	7,497	-274,8	-5,497
M+AIJuanjui 10%	0,01269	10	10,02	-0,1775	-0,01775
M+AIJuanjui 12%	0,01918	12	20,59	-71,58	-8,589
M+AIJuanjui 14%	0,04716	14	12,2	12,86	1,8
M+AIJuanjui 16%	0,0246	16	7,103	55,61	8,897
M+AIJuanjui 18%	0,04565	18	18,83	-4,6	-0,828
M+AIJuanjui 20%	0,01189	20	22,76	-13,8	-2,76
M+AIJuanjui 30%	0,01754	30	22,99	23,35	7,006
M+AIJuanjui 40%	0,03388	40	45,55	-13,88	-5,551
M+AIJuanjui 50%	0,03555	50	49,13	1,73	0,8652
M+AIJuanjui 60%	0,04183	60	59,74	0,4333	0,26
M+AIJuanjui 70%	0,01704	70	68,22	2,541	1,779
M+AIJuanjui 80%	0,02456	80	86,89	-8,612	-6,89
M+AIJuanjui 90%	0,02894	90	91,31	-1,453	-1,307
M+AIJuanjui 92%	0,02693	92	88,14	4,193	3,858
M+AIJuanjui 94%	0,02997	94	93,67	0,3499	0,3289
M+AIJuanjui 96%	0,02916	96	94,75	1,3	1,248
M+AIJuanjui 98%	0,04206	98	107	-9,197	-9,013
M+AIJunajui 6%	0,02361	6	9,978	-66,3	-3,978
M+AIJunajui 8%	0,0254	8	12,65	-58,12	-4,65
M+AILamas 2%	0,02723	2	11,53	-476,5	-9,53
M+AILamas 4%	0,0494	4	0,9806	75,48	3,019
M+AILamas 6%	0,0489	6	5,806	3,239	0,1944
M+AILamas 8%	0,02641	8	13,82	-72,75	-5,82
M+AILamas 10%	0,06889	10	7,519	24,81	2,481
M+AILamas 12%	0,03682	12	13,45	-12,04	-1,445
M+AILamas 14%	0,03788	14	17,41	-24,33	-3,406
M+AILamas 16%	0,0367	16	21,64	-35,28	-5,645
M+AILamas 18%	0,02098	18	15,04	16,47	2,965
M+AILamas 20%	0,02457	20	25,72	-28,59	-5,717
M+AILamas 30%	0,04143	30	23,38	22,08	6,623
M+AILamas 40%	0,03993	40	39,73	0,667	0,2668
M+AILamas 50%	0,0239	50	49,52	0,9662	0,4831
M+AILamas 60%	0,02466	60	64,89	-8,142	-4,885
M+AILamas 70%	0,03581	70	68,76	1,777	1,244
M+AILamas 80%	0,01371	80	71,41	10,74	8,594
M+AILamas 90%	0,01794	90	88,22	1,982	1,784
M+AILamas 92%	0,03649	92	95,79	-4,121	-3,791
M+AILamas 94%	0,02363	94	97,98	-4,237	-3,983
M+AILamas 96%	0,04641	96	97,27	-1,325	-1,272

M+AILamas 98%	0,04096	98	99,09	-1,111	-1,089
M+AINv.Cajamarca 2%	0,02536	2	7,281	-264,1	-5,281
M+AINv.Cajamarca 4%	0,04376	4	9,437	-135,9	-5,437
M+AINv.Cajamarca 6%	0,04874	6	7,226	-20,44	-1,226
M+AINv.Cajamarca 8%	0,01737	8	3,555	55,56	4,445
M+AINv.Cajamarca 10%	0,02809	10	4,244	57,56	5,756
M+AINv.Cajamarca 12%	0,04539	12	11,3	5,825	0,699
M+AINv.Cajamarca 14%	0,0692	14	15,16	-8,304	-1,163
M+AINv.Cajamarca 16%	0,0365	16	25,48	-59,25	-9,479
M+AINv.Cajamarca 18%	0,02414	18	21,33	-18,47	-3,325
M+AINv.Cajamarca 20%	0,04579	20	17,14	14,3	2,859
M+AINv.Cajamarca 30%	0,01099	30	33,91	-13,04	-3,911
M+AINv.Cajamarca 40%	0,02871	40	40,25	-0,6304	-0,2521
M+AINv.Cajamarca 50%	0,02705	50	50,02	-0,03642	-0,01821
M+AINv.Cajamarca 60%	0,04394	60	63,99	-6,649	-3,99
M+AINv.Cajamarca 70%	0,05263	70	72,09	-2,984	-2,089
M+AINv.Cajamarca 80%	0,04223	80	81,96	-2,454	-1,963
M+AINv.Cajamarca 90%	0,04676	90	93,23	-3,585	-3,226
M+AINv.Cajamarca 92%	0,02253	92	92,3	-0,3286	-0,3023
M+AINv.Cajamarca 94%	0,02262	94	89,58	4,702	4,419
M+AINv.Cajamarca 96%	0,05292	96	93,83	2,26	2,17
M+AINv.Cajamarca 98%	0,02805	98	103	-5,118	-5,016
M+AIPasaraya 2%	0,02303	2	1,268	36,59	0,7319
M+AIPasaraya 4%	0,02062	4	-4,56	214	8,56
M+AIPasaraya 6%	0,01707	6	11,12	-85,36	-5,122
M+AIPasaraya 8%	0,016	8	1,955	75,57	6,045
M+AIPasaraya 10%	0,04216	10	9,274	7,258	0,7258
M+AIPasaraya 12%	0,0297	12	8,131	32,24	3,869
M+AIPasaraya 14%	0,02835	14	5,263	62,41	8,737
M+AIPasaraya 16%	0,03701	16	16,13	-0,8362	-0,1338
M+AIPasaraya 18%	0,02077	18	22,96	-27,57	-4,962

M+AIPasaraya 20%	0,01328	20	11,93	40,33	8,066
M+AIPasaraya 30%	0,02505	30	32,94	-9,79	-2,937
M+AIPasaraya 40%	0,02826	40	47,03	-17,57	-7,029
M+AIPasaraya 50%	0,01343	50	57,25	-14,49	-7,247
M+AIPasaraya 60%	0,02305	60	70,31	-17,18	-10,31
M+AIPasaraya 70%	0,02381	70	65,7	6,145	4,302
M+AIPasaraya 80%	0,02742	80	79,23	0,9655	0,7724
M+AIPasaraya 90%	0,03433	90	95,96	-6,62	-5,958
M+AIPasaraya 92%	0,01986	92	89,85	2,336	2,149
M+AIPasaraya 94%	0,04354	94	92,86	1,215	1,142
M+AIPasaraya 96%	0,01567	96	98,36	-2,458	-2,36
M+AIPasaraya 98%	0,0239	98	94,43	3,646	3,573
M+AIRioja 2%	0,03429	2	-1,65	182,5	3,65
M+AIRioja 4%	0,0714	4	2,122	46,94	1,878
M+AIRioja 6%	0,02836	6	6,131	-2,176	-0,1305
M+AIRioja 8%	0,04853	8	10,47	-30,87	-2,47
M+AIRioja 10%	0,03059	10	13,38	-33,76	-3,376
M+AIRioja 12%	0,03059	12	9,325	22,29	2,675
M+AIRioja 14%	0,03541	14	8,915	36,32	5,085
M+AIRioja 16%	0,04894	16	10,17	36,43	5,829
M+AIRioja 18%	0,04552	18	19,79	-9,956	-1,792
M+AIRioja 20%	0,03728	20	14,18	29,12	5,824
M+AIRioja 30%	0,02342	30	25,94	13,53	4,06
M+AIRioja 40%	0,04155	40	38,06	4,852	1,941
M+AIRioja 50%	0,0319	50	47,67	4,659	2,329
M+AIRioja 60%	0,02598	60	61,77	-2,95	-1,77
M+AIRioja 70%	0,03889	70	62,52	10,68	7,477
M+AIRioja 80%	0,02244	80	80,43	-0,5413	-0,433
M+AIRioja 90%	0,02357	90	87,69	2,564	2,308
M+AIRioja 92%	0,05618	92	90,99	1,101	1,012
M+AIRioja 94%	0,02894	94	95,4	-1,489	-1,4
M+AIRioja 96%	0,02587	96	92,46	3,685	3,538
M+AIRioja 98%	0,02331	98	100,4	-2,404	-2,356
M+AISanRoque 2%	0,03553	2	9,491	-374,6	-7,491
M+AISanRoque 4%	0,02845	4	8,94	-123,5	-4,94
M+AISanRoque 6%	0,0633	6	5,269	12,18	0,731
M+AISanRoque 8%	0,02315	8	2,945	63,19	5,055
M+AISanRoque 10%	0,02005	10	13,67	-36,66	-3,666
M+AISanRoque 12%	0,04351	12	10,07	16,04	1,925
M+AISanRoque 14%	0,02313	14	9,657	31,02	4,343
M+AISanRoque 16%	0,03915	16	18,59	-16,17	-2,588
M+AISanRoque 18%	0,02666	18	16,45	8,619	1,551
M+AISanRoque 20%	0,09312	20	23,79	-18,96	-3,792
M+AISanRoque 30%	0,05791	30	25,38	15,39	4,617
M+AISanRoque 40%	0,04442	40	38,1	4,743	1,897
M+AISanRoque 50%	0,02952	50	44,91	10,18	5,088

M+AISanRoque 60%	0,09579	60	63,23	-5,378	-3,227
M+AISanRoque 70%	0,03525	70	60,42	13,68	9,578
M+AISanRoque 80%	0,04919	80	87,4	-9,248	-7,398
M+AISanRoque 90%_1	0,04572	90	87,52	2,759	2,483
M+AISanRoque 92%	0,05967	92	87,55	4,839	4,452
M+AISanRoque 94%	0,04736	94	93,1	0,9594	0,9018
M+AISanRoque 96%	0,05234	96	89,08	7,21	6,922
M+AISanRoque 98%	0,0244	98	101,2	-3,268	-3,203
M+AISoritor 2%	0,05337	2	14,22	-611,2	-12,22
M+AISoritor 4%	0,05253	4	2,664	33,39	1,336
M+AISoritor 6%	0,07235	6	15,09	-151,5	-9,088
M+AISoritor 8%	0,0917	8	9,07	-13,38	-1,07
M+AISoritor 10%	0,1238	10	5,142	48,58	4,858
M+AISoritor 12%	0,03931	12	17,2	-43,37	-5,205
M+AISoritor 14%	0,02989	14	13,84	1,162	0,1627
M+AISoritor 16%	0,03774	16	10,16	36,53	5,844
M+AISoritor 18%	0,03014	18	13,71	23,85	4,293
M+AISoritor 20%	0,0161	20	26,75	-33,76	-6,752
M+AISoritor 30%	0,01277	30	28,29	5,701	1,71
M+AISoritor 40%	0,01636	40	40	-0,001373	-0,0005493
M+AISoritor 50%	0,0463	50	50,09	-0,1725	-0,08626
M+AISoritor 60%	0,03374	60	69,54	-15,9	-9,539
M+AISoritor 70%	0,02261	70	70,09	-0,1258	-0,08803
M+AISoritor 80%	0,05638	80	76,83	3,966	3,173
M+AISoritor 90%	0,03381	90	80,95	10,06	9,055
M+AISoritor 92%	0,04143	92	90,86	1,236	1,137
M+AISoritor 94%	0,06573	94	86,73	7,73	7,266
M+AISoritor 96%	0,03166	96	94,79	1,261	1,21
M+AISoritor 98%	0,03724	98	95,65	2,399	2,351
M+AITocache 2%	0,04769	2	0,9929	50,35	1,007
M+AITocache 4%	0,03597	4	-0,09267	102,3	4,093
M+AITocache 6%	0,04255	6	0,5954	90,08	5,405
M+AITocache 8%	0,04432	8	11,38	-42,2	-3,376
M+AITocache 12%	0,03716	12	12,97	-8,055	-0,9666
M+AITocache 14%	0,09028	14	12,44	11,12	1,557
M+AITocache 16%	0,05288	16	13,11	18,06	2,889
M+AITocache 18%	0,07999	18	14,14	21,44	3,859
M+AITocache 20%	0,08072	20	14,95	25,23	5,047
M+AITocache 30%	0,07618	30	31,16	-3,875	-1,162
M+AITocache 40%	0,02727	40	43,83	-9,571	-3,828
M+AITocache 50%	0,03435	50	49,71	0,5875	0,2938
M+AITocache 60%	0,04104	60	70,48	-17,46	-10,48
M+AITocache 70%	0,04218	70	68,88	1,6	1,12
M+AITocache 80%	0,05202	80	77,82	2,721	2,177
M+AITocache 90%	0,02085	90	91,39	-1,545	-1,39

M+AITocache 92%	0,02398	92	88,91	3,354	3,085
M+AITocache 94%	0,02463	94	94,67	-0,7106	-0,6679
M+AITocache 96%	0,02589	96	88,29	8,028	7,707
M+AITocache 98%	0,05286	98	92,05	6,069	5,948
Standar azúcar invertida 40%	0,05143	100	105,3	-5,274	-5,274
M+IAHuallCen 92%	0,06193	92	96,67	-5,077	-4,671
miel Biavo	0,03556	0	3,132	-----	-3,132
miel Cacatachi_001	0,02881	0	-6,227	-----	6,227
miel Campanilla	0,03244	0	4,562	-----	-4,562
miel Huallaga Central	0,02799	0	2,371	-----	-2,371
miel Juanjui_001	0,04875	0	4,214	-----	-4,214
miel Lamas	0,08221	0	-0,8954	-----	0,8954
miel Nva Cajamarca	0,03291	0	-2,434	-----	2,434
miel Pasaraya	0,1029	0	1,12	-----	-1,12
miel Rioja	0,09417	0	4,673	-----	-4,673
miel San Roque	0,05183	0	-0,446	-----	0,446
miel Soritor	0,06832	0	7,562	-----	-7,562
miel Tocache	0,07887	0	3,198	-----	-3,198

Anexo C.

Datos calculados a partir de la MLR del modelo reducido de la propiedad Miel de Maiz

Estándares	Aprovechamiento	Real	Valor		%Residual	Residual
			calculado			
M+AmBiavo 2%	0,03857	2	7,592	-279,6	-5,592	
M+AmBiavo 4%	0,02737	4	6,333	-58,33	-2,333	
M+AmBiavo 6%	0,05129	6	8,334	-38,9	-2,334	
M+AmBiavo 8%	0,05513	8	6,202	22,47	1,798	
M+AmBiavo 10%	0,02783	10	14,75	-47,52	-4,752	
M+AmBiavo 12%	0,07134	12	15,97	-33,06	-3,968	
M+AmBiavo 14%	0,076	14	10,91	22,1	3,094	
M+AmBiavo 16%	0,04229	16	13,9	13,12	2,1	
M+AmBiavo 18%	0,04198	18	17,91	0,4951	0,08912	
M+AmBiavo 20%	0,04071	20	20,69	-3,444	-0,6889	
M+AmBiavo 30%	0,06659	30	30,48	-1,599	-0,4798	
M+AmBiavo 40%	0,04438	40	39,04	2,407	0,9628	
M+AmBiavo 50%	0,08708	50	51,37	-2,747	-1,373	
M+AmBiavo 60%	0,02744	60	57,45	4,243	2,546	
M+AmBiavo 70%	0,01802	70	72,19	-3,134	-2,194	
M+AmBiavo 92%_001	0,03748	92	88,68	3,61	3,322	
M+AmBiavo 98%	0,03123	98	103	-5,115	-5,012	
M+AmCacatachi 2%	0,036	2	5,734	-186,7	-3,734	
M+AmCacatachi 4%	0,04019	4	3,742	6,451	0,258	
M+AmCacatachi 6%	0,02759	6	5,732	4,462	0,2677	
M+AmCacatachi 8%	0,02482	8	7,416	7,306	0,5845	
M+AmCacatachi 10%	0,02755	10	6,927	30,73	3,073	
					-	
M+AmCacatachi 12%	0,04091	12	12,08	-0,6396	0,07676	
M+AmCacatachi 14%	0,02962	14	15,14	-8,165	-1,143	
M+AmCacatachi 16%	0,02302	16	14	12,52	2,003	
M+AmCacatachi 18%	0,05073	18	16,74	7,011	1,262	
M+AmCacatachi 20%	0,01853	20	19,86	0,6985	0,1397	
M+AmCacatachi 30%	0,01473	30	34,56	-15,22	-4,565	
M+AmCacatachi 40%	0,03583	40	37,25	6,867	2,747	
M+AmCacatachi 50%	0,01146	50	52,91	-5,821	-2,911	
M+AmCacatachi 60%	0,04772	60	57,74	3,773	2,264	
M+AmCacatachi 70%	0,03546	70	69,17	1,184	0,8288	
M+AmCacatachi 80%	0,02018	80	79,15	1,06	0,8482	
M+AmCacatachi 90%	0,02152	90	87,67	2,585	2,327	
M+AmCacatachi 92%	0,01585	92	90,49	1,644	1,513	
M+AmCacatachi 94%	0,01733	94	93,47	0,5614	0,5277	
M+AmCacatachi 98%	0,0195	98	93,7	4,388	4,3	
M+AmCacatachi 98%_001	0,02393	98	99,89	-1,924	-1,885	
M+AmCampanilla 2%	0,0354	2	1,285	35,77	0,7154	
M+AmCampanilla 4%	0,043	4	2,172	45,7	1,828	

M+AmCampanilla 6%	0,03257	6	4,761	20,65	1,239
M+AmCampanilla 8%	0,01487	8	5,526	30,93	2,474
M+AmCampanilla 10%	0,01845	10	10,74	-7,439	-0,7439
M+AmCampanilla 12%	0,0373	12	18,4	-53,33	-6,4
M+AmCampanilla 14%	0,02279	14	16,93	-20,94	-2,931
M+AmCampanilla 16%	0,02496	16	15,82	1,117	0,1787
M+AmCampanilla 18%	0,01359	18	18,45	-2,5	-0,45
M+AmCampanilla 20%	0,04158	20	20,7	-3,505	-0,701
M+AmCampanilla 30%	0,02704	30	29,76	0,7863	0,2359
M+AmCampanilla 40%	0,0233	40	35,85	10,36	4,146
M+AmCampanilla 50%	0,02915	50	49,02	1,967	0,9833
M+AmCampanilla 60%	0,023	60	61,17	-1,948	-1,169
M+AmCampanilla 70%	0,008916	70	67,4	3,711	2,598
M+AmCampanilla 80%	0,03139	80	82,22	-2,775	-2,22
M+AmCampanilla 90%	0,02926	90	93,04	-3,383	-3,045
M+AmCampanilla 92%	0,02256	92	87,2	5,22	4,802
M+AmCampanilla 94%	0,01473	94	86,76	7,703	7,24
M+AmCampanilla 96%	0,01842	96	95,47	0,5547	0,5326
M+AmCampanilla 98%	0,05105	98	90,48	7,678	7,525
M+AmHualIcen 2%	0,05496	2	4,311	-115,6	-2,311
M+AmHualIcen 4%	0,09242	4	4,825	-20,63	-0,825
M+AmHualIcen 6%	0,0674	6	5,399	10,01	0,6006
M+AmHualIcen 8%	0,08351	8	6,525	18,43	1,475
M+AmHualIcen 8%_001	0,08351	8	6,525	18,43	1,475
M+AmHualIcen 10%	0,06336	10	7,031	29,69	2,969
M+AmHualIcen 12%	0,09921	12	12,9	-7,53	-0,9036
M+AmHualIcen 14%	0,1048	14	12,82	8,399	1,176
M+AmHualIcen 16%	0,04165	16	16,82	-5,11	-0,8176
M+AmHualIcen 18%	0,03497	18	15,23	15,38	2,769
M+AmHualIcen 20%	0,05451	20	22,12	-10,6	-2,119
M+AmHualIcen 30%	0,09192	30	31,37	-4,58	-1,374
M+AmHualIcen 40%	0,06029	40	37,9	5,262	2,105
M+AmHualIcen 50%	0,06283	50	47,79	4,419	2,21
M+AmHualIcen 60%	0,1176	60	62,84	-4,739	-2,844
M+AmHualIcen 70%	0,07455	70	67,42	3,681	2,577
M+AmHualIcen 80%	0,04863	80	78,8	1,498	1,198
M+AmHualIcen 90%	0,06487	90	89,41	0,6542	0,5887
M+AmHualIcen 92%	0,03423	92	94,04	-2,219	-2,042
M+AmHualIcen 94%	0,02842	94	96,84	-3,022	-2,84
M+AmHualIcen 96%	0,05933	96	95,83	0,1804	0,1732
M+AmHualIcen 98%	0,03736	98	100,2	-2,196	-2,153
M+AmJuanjui 2%	0,1166	2	2,194	-9,678	-0,1936
M+AmJuanjui 4%	0,05723	4	6,527	-63,17	-2,527
M+AmJuanjui 6%	0,05842	6	1,565	73,92	4,435
M+AmJuanjui 8%	0,01791	8	7,183	10,21	0,8168
M+AmJuanjui 10%	0,03523	10	9,143	8,573	0,8573

M+AmJuanjui 12%	0,04143	12	9,601	19,99	2,399
M+AmJuanjui 14%	0,05287	14	12,01	14,19	1,986
M+AmJuanjui 16%	0,006952	16	14,61	8,701	1,392
M+AmJuanjui 18%	0,005689	18	16,47	8,476	1,526
M+AmJuanjui 20%	0,02518	20	18,82	5,9	1,18
M+AmJuanjui 30%	0,02122	30	29,94	0,1834	0,05503
M+AmJuanjui 40%	0,0096	40	37,78	5,54	2,216
M+AmJuanjui 50%	0,09885	50	49,39	1,214	0,6072
M+AmJuanjui 60%	0,03321	60	57,98	3,362	2,017
M+AmJuanjui 70%	0,03098	70	69,28	1,032	0,7225
M+AmJuanjui 90%	0,02595	90	92,3	-2,552	-2,297
M+AmJuanjui 92%	0,01705	92	86,92	5,522	5,08
M+AmJuanjui 94%	0,01884	94	96,73	-2,909	-2,734
M+AmJuanjui 96%	0,02152	96	96,22	-0,2309	-0,2216
M+AmJuanjui 98%	0,03305	98	99,11	-1,131	-1,108
M+AmLamas 2%	0,06505	2	0,5242	73,79	1,476
M+AmLamas 4%	0,04749	4	3,286	17,85	0,714
M+AmLamas 6%	0,03953	6	5,905	1,58	0,09483
M+AmLamas 8%	0,0261	8	9,965	-24,57	-1,965
M+AmLamas 10%	0,02639	10	10,69	-6,92	-0,692
M+AmLamas 12%	0,01543	12	8,15	32,08	3,85
M+AmLamas 14%	0,05559	14	10,3	26,45	3,703
M+AmLamas 16%	0,03971	16	18,3	-14,37	-2,3
M+AmLamas 18%	0,05116	18	19,25	-6,928	-1,247
M+AmLamas 20%	0,04214	20	25,14	-25,7	-5,141
M+AmLamas 30%	0,0299	30	31,87	-6,241	-1,872
M+AmLamas 40%	0,0269	40	38,75	3,128	1,251
M+AmLamas 50%	0,03281	50	52,13	-4,27	-2,135
M+AmLamas 60%	0,02688	60	58,24	2,938	1,763
M+AmLamas 70%	0,01985	70	66,62	4,827	3,379
M+AmLamas 80%	0,0361	80	81,51	-1,89	-1,512
M+AmLamas 90%	0,05263	90	88,82	1,309	1,178
M+AmLamas 92%	0,02559	92	92,45	-0,4859	-0,447
M+AmLamas 94%	0,03872	94	91,36	2,808	2,64
M+AmLamas 96%	0,01827	96	97,4	-1,459	-1,401
M+AmLamas 98%	0,02507	98	99,82	-1,859	-1,822
M+AmNv.Cajamarca 2%	0,04599	2	3,917	-95,84	-1,917
M+AmNv.Cajamarca 4%	0,05737	4	6,84	-71,01	-2,84
M+AmNv.Cajamarca 6%	0,044	6	4,245	29,25	1,755
M+AmNv.Cajamarca 8%	0,03364	8	7,092	11,35	0,9076
M+AmNv.Cajamarca 10%	0,02331	10	8,077	19,23	1,923
					-
M+AmNv.Cajamarca 12%	0,01191	12	12,06	-0,4816	0,05779
M+AmNv.Cajamarca 14%	0,06208	14	10,68	23,71	3,319
M+AmNv.Cajamarca 16%	0,01845	16	15,09	5,714	0,9143
M+AmNv.Cajamarca 18%	0,02006	18	19,79	-9,929	-1,787

					-
M+AmNv.Cajamarca 20%	0,07031	20	20,07	-0,3681	0,07361
M+AmNv.Cajamarca 30%	0,02785	30	30,39	-1,293	-0,3878
M+AmNv.Cajamarca 40%	0,01215	40	41,36	-3,407	-1,363
M+AmNv.Cajamarca 50%	0,04548	50	51,21	-2,417	-1,209
M+AmNv.Cajamarca 60%	0,02885	60	61,94	-3,229	-1,938
M+AmNv.Cajamarca 70%	0,01966	70	68,63	1,956	1,369
M+AmNv.Cajamarca 80%	0,01539	80	78,12	2,345	1,876
M+AmNv.Cajamarca 90%	0,02336	90	91,98	-2,203	-1,983
M+AmNv.Cajamarca 92%	0,0238	92	95,11	-3,386	-3,115
M+AmNv.Cajamarca 94%	0,02035	94	89,72	4,557	4,284
M+AmNv.Cajamarca 96%	0,02302	96	99,15	-3,278	-3,147
M+AmNv.Cajamarca 98%	0,03689	98	99,71	-1,745	-1,71
					-
M+AmPasaraya 2%	0,08386	2	2,085	-4,234	0,08468
M+AmPasaraya 4%	0,05321	4	7,44	-85,99	-3,44
M+AmPasaraya 6%	0,05687	6	7,491	-24,85	-1,491
M+AmPasaraya 8%	0,03774	8	5,507	31,16	2,493
M+AmPasaraya 10%	0,05585	10	5,751	42,49	4,249
M+AmPasaraya 12%	0,02344	12	14,09	-17,42	-2,091
M+AmPasaraya 14%	0,03998	14	16,87	-20,5	-2,87
M+AmPasaraya 16%	0,02969	16	20,04	-25,25	-4,04
M+AmPasaraya 18%	0,02704	18	18,56	-3,117	-0,561
M+AmPasaraya 20%	0,05059	20	20,74	-3,709	-0,7418
M+AmPasaraya 30%	0,03407	30	31,58	-5,281	-1,584
M+AmPasaraya 40%	0,02454	40	42,29	-5,722	-2,289
M+AmPasaraya 50%	0,02886	50	45,95	8,106	4,053
M+AmPasaraya 60%	0,01695	60	60,33	-0,5543	-0,3326
M+AmPasaraya 70%	0,01532	70	73,32	-4,745	-3,321
M+AmPasaraya 80%	0,01724	80	80,94	-1,177	-0,9417
M+AmPasaraya 90%	0,01544	90	88,98	1,133	1,02
M+AmPasaraya 92%	0,02127	92	88,49	3,811	3,506
					-
M+AmPasaraya 94%	0,02037	94	94,05	-0,049	0,04606
M+AmPasaraya 96%	0,04074	96	95,98	0,0192	0,01843
M+AmPasaraya 98%	0,02132	98	94,89	3,172	3,109
M+AmRioja 2%	0,01597	2	0,6709	66,46	1,329
M+AmRioja 4%	0,06322	4	5,452	-36,31	-1,452
M+AmRioja 6%	0,07323	6	8,036	-33,94	-2,036
M+AmRioja 8%	0,05041	8	4,202	47,47	3,798
M+AmRioja 10%	0,03724	10	10,29	-2,876	-0,2876
M+AmRioja 12%	0,01917	12	11,28	6,04	0,7248
M+AmRioja 14%	0,03374	14	16,77	-19,77	-2,767
M+AmRioja 16%	0,02818	16	16,93	-5,839	-0,9342
M+AmRioja 18%	0,03321	18	18,48	-2,651	-0,4772
M+AmRioja 20%	0,02115	20	21,14	-5,718	-1,144
M+AmRioja 30%	0,01662	30	29,89	0,3767	0,113

M+AmRioja 40%	0,03457	40	39,98	0,04122	0,01649
M+AmRioja 50%	0,01817	50	50,79	-1,585	-0,7923
M+AmRioja 60%	0,01547	60	59,79	0,3475	0,2085
M+AmRioja 70%	0,02156	70	72,91	-4,152	-2,907
M+AmRioja 80%	0,01666	80	80,57	-0,7093	-0,5674
M+AmRioja 90%	0,02542	90	90,92	-1,022	-0,9199
M+AmRioja 92%	0,03783	92	89,69	2,507	2,307
M+AmRioja 94%	0,04161	94	92,65	1,436	1,35
					-
M+AmRioja 96%	0,09636	96	96,05	-0,05351	0,05137
M+AmRioja 98%	0,07843	98	99,85	-1,885	-1,847
M+AmSanRoque 2%	0,03477	2	1,975	1,259	0,02519
M+AmSanRoque 4%	0,03517	4	3,279	18,02	0,7208
M+AmSanRoque 6%	0,03334	6	7,954	-32,56	-1,954
M+AmSanRoque 8%	0,05211	8	9,475	-18,44	-1,475
M+AmSanRoque 10%	0,02508	10	13,02	-30,15	-3,015
M+AmSanRoque 12%	0,02846	12	13,03	-8,609	-1,033
M+AmSanRoque 14%	0,02559	14	18,49	-32,04	-4,485
M+AmSanRoque 16%	0,01897	16	13,99	12,54	2,006
M+AmSanRoque 18%	0,01018	18	16,16	10,21	1,837
M+AmSanRoque 20%	0,0196	20	19,62	1,883	0,3766
M+AmSanRoque 30%	0,04427	30	32,35	-7,848	-2,354
M+AmSanRoque 40%	0,04368	40	37,63	5,922	2,369
M+AmSanRoque 50%	0,0302	50	51,92	-3,836	-1,918
M+AmSanRoque 60%	0,02055	60	59,98	0,03816	0,0229
M+AmSanRoque 70%	0,03788	70	67,54	3,52	2,464
M+AmSanRoque 80%	0,01947	80	77,74	2,825	2,26
M+AmSanRoque 90%	0,03845	90	90,19	-0,2086	-0,1878
M+AmSanRoque 92%	0,03748	92	95,92	-4,264	-3,923
M+AmSanRoque 94%	0,02012	94	93,39	0,6499	0,6109
M+AmSanRoque 96%	0,01505	96	94,33	1,736	1,667
M+AmSanRoque 98%	0,01491	98	95,25	2,802	2,746
M+AmSoritor 2%	0,1011	2	3,393	-69,63	-1,393
M+AmSoritor 4%	0,03628	4	8,856	-121,4	-4,856
M+AmSoritor 6%	0,0609	6	4,885	18,58	1,115
M+AmSoritor 8%	0,06873	8	9,808	-22,6	-1,808
M+AmSoritor 10%	0,03688	10	12,57	-25,65	-2,565
M+AmSoritor 12%	0,05454	12	6,156	48,7	5,844
M+AmSoritor 14%	0,066	14	14,33	-2,383	-0,3337
M+AmSoritor 16%	0,03478	16	19,39	-21,21	-3,393
					-
M+AmSoritor 18%	0,04178	18	18,04	-0,2474	0,04453
M+AmSoritor 20%	0,04641	20	17,7	11,52	2,304
M+AmSoritor 30%	0,02511	30	29,11	2,962	0,8885
M+AmSoritor 40%	0,03248	40	41,94	-4,846	-1,938
M+AmSoritor 50%	0,0253	50	44,46	11,08	5,538

M+AmSoritor 60%	0,04448	60	58,97	1,719	1,031
M+AmSoritor 70%	0,02181	70	70,4	-0,5772	-0,404
M+AmSoritor 90%	0,01659	90	88,59	1,566	1,409
M+AmSoritor 92%	0,02369	92	90,08	2,082	1,916
M+AmSoritor 94%	0,04236	94	91,44	2,722	2,558
M+AmSoritor 96%	0,03479	96	95,28	0,7493	0,7194
M+AmSoritor 98%	0,04116	98	98,31	-0,3169	-0,3105
M+AmTocache 2%	0,1008	2	0,1321	93,4	1,868
M+AmTocache 4%	0,1169	4	1,241	68,97	2,759
M+AmTocache 6%	0,07374	6	8,47	-41,17	-2,47
M+AmTocache 8%	0,04118	8	9,9	-23,75	-1,9
M+AmTocache 10%	0,04703	10	8,229	17,71	1,771
M+AmTocache 12%	0,05098	12	11,09	7,62	0,9144
M+AmTocache 14%	0,03929	14	13,09	6,51	0,9115
M+AmTocache 16%	0,05082	16	19,81	-23,83	-3,813
M+AmTocache 18%	0,02356	18	17,1	5	0,8999
M+AmTocache 20%	0,02895	20	24,08	-20,38	-4,076
M+AmTocache 30%	0,03468	30	28,5	5,013	1,504
M+AmTocache 40%	0,0131	40	39,78	0,5559	0,2224
M+AmTocache 50%	0,02014	50	51,18	-2,367	-1,184
M+AmTocache 60%	0,02042	60	60,73	-1,224	-0,7344
M+AmTocache 70%	0,02854	70	73,23	-4,607	-3,225
M+AmTocache 80%	0,0105	80	81,55	-1,938	-1,55
M+AmTocache 90%	0,03116	90	91,32	-1,461	-1,315
M+AmTocache 92%	0,05629	92	94,75	-2,992	-2,752
M+AmTocache 94%	0,04834	94	95,61	-1,717	-1,614
M+AmTocache 96%	0,03958	96	98,8	-2,919	-2,802
M+AmTocache 98%	0,0428	98	99,5	-1,528	-1,498
miel Biavo	0,02897	0	-3,425	-----	3,425
miel Cacatachi_001	0,03021	0	-2,62	-----	2,62
miel Campanilla	0,04444	0	1,918	-----	-1,918
miel Huallaga Central	0,03776	0	-0,9307	-----	0,9307
miel Juanjui_001	0,02957	0	-1,701	-----	1,701
miel Lamas	0,05821	0	-0,832	-----	0,832
miel Nva Cajamarca	0,04523	0	1,149	-----	-1,149
miel Pasaraya	0,0907	0	-0,3527	-----	0,3527
miel Rioja	0,06895	0	2,252	-----	-2,252
miel San Roque	0,0454	0	2,254	-----	-2,254
miel Soritor	0,02981	0	-1,39	-----	1,39
miel Tocache	0,06519	0	-2,576	-----	2,576
Standar azúcar maíz	0,02987	100	101,8	-1,769	-1,769

Anexo D.Análisis SEP para la azúcar invertida

Number of LVs	Cálculos de SEP	% S.L. a SEP mín.	% S.L. de término adicional
1	35,04	0	-----
2	23,38	0	0
3	21,37	0	0
4	19,18	0	0
5	14,03	0	0
6	11,05	0	0
7	8,76	0	0
8	6,909	0	0
9	5,451	0,2	0
10	4,538	50	0

Análisis SEP para el jarabe de maíz.

Number of LVs	Cálculos de SEP	% S.L. a SEP mín.	% S.L. de término adicional
1	20,17	0	-----
2	12,81	0	0
3	11,08	0	0
4	8,337	0	0
5	6,498	0	0
6	5,062	0	0
7	4,151	0	0
8	3,511	0	0
9	2,853	0,7	0
10	2,435	50	0

Anexo E:**- Análisis de Varianza para la sacarosa.**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Localidad	11	1,24850	0,113500	122,70	0,000
Error	24	0,02220	0,000925		
Total	35	1,27070			

Resumen del modelo para la sacarosa.

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0304138	98,25%	97,45%	96,07%

- Análisis de Varianza para la glucosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Localidad	11	39,334	3,5758	30,63	0,000
Error	24	2,802	0,1167		
Total	35	42,136			

Resumen del modelo para la glucosa

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,341679	93,35%	90,30%	85,04%

Análisis de Varianza de fructuosa

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Localidad	11	40,7025	3,70023	169,54	0,000
Error	24	0,5238	0,02182		
Total	35	41,2263			

Resumen del modelo de fructuosa

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,147733	98,73%	98,15%	97,14%

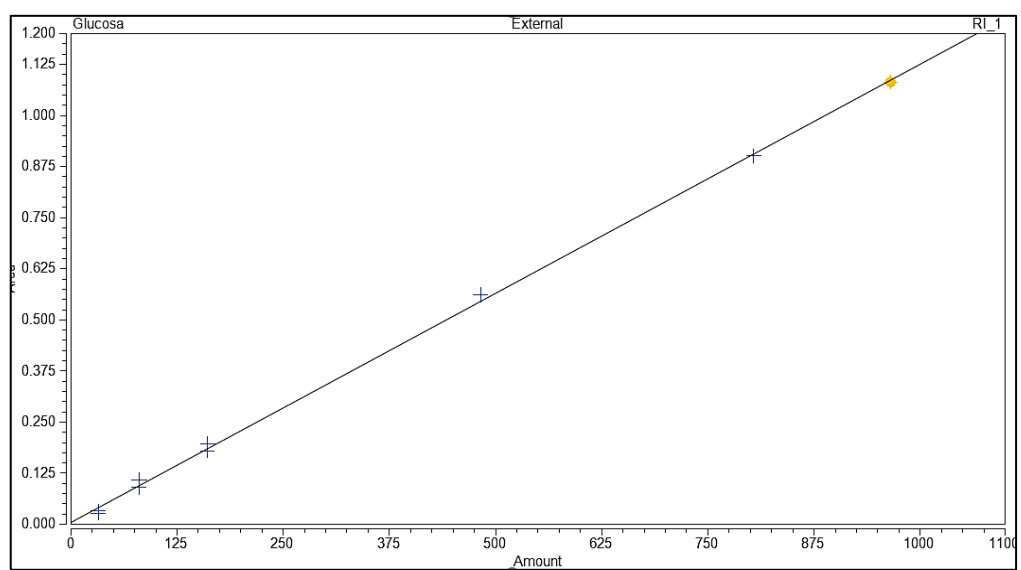
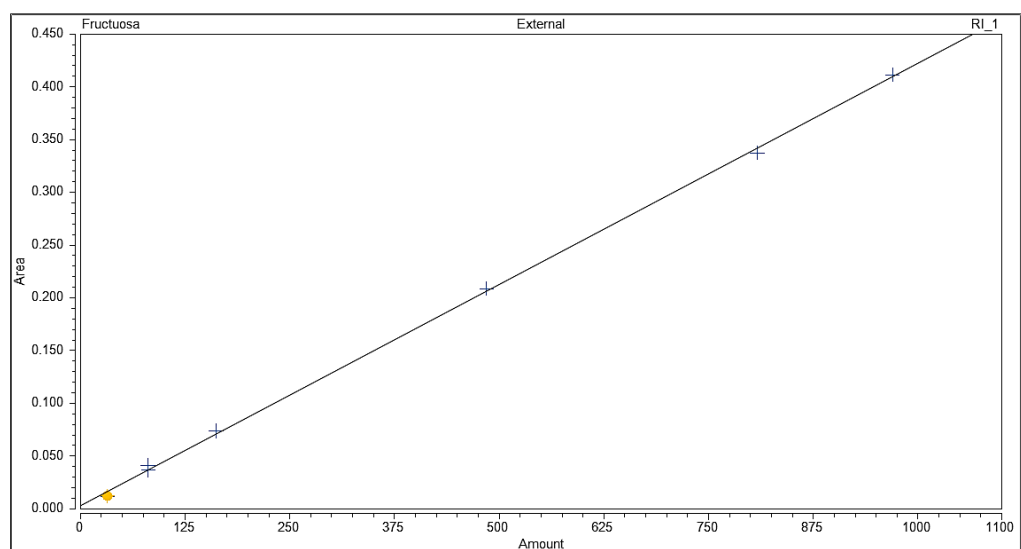
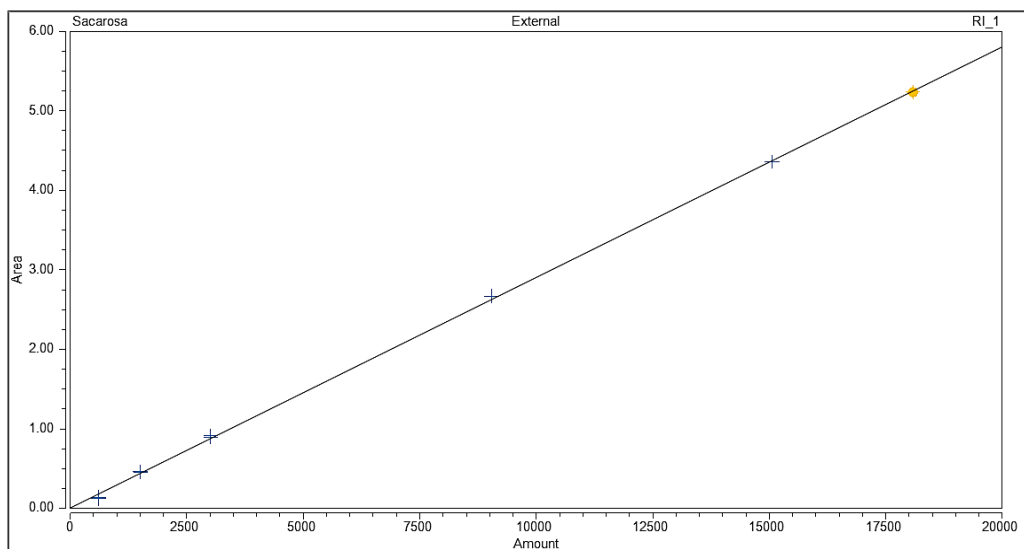
Anexo F:

Análisis de Varianza para la viscosidad

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Localidad	11	10,9176	0,992505	18835,11	0,000
Error	24	0,0013	0,000053		
Total	35	10,9188			

Resumen del modelo para la viscosidad

S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
0,0072591	99,99%	99,98%	99,97%

Anexo G: Curva patrón de estándar de sacarosa

Anexo H: Cromatograma de una muestra genuina de miel